



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE ORELLANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRATAMIENTO QUÍMICO DE LOS LIXIVIADOS**  
**PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN**  
**SHUSHUFINDI**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA: GABRIELA BETZABETH CEDEÑO CASTRO**

**DIRECTOR: Ing. JULIO ROLANDO COELLO CABEZAS M.Sc.**

El Coca - Ecuador

2022

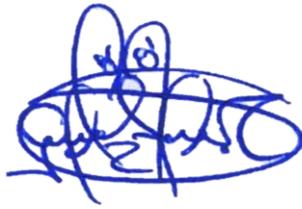
© 2022, **Gabriela Betzabeth Cedeño Castro**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, GABRIELA BETZABETH CEDEÑO CASTRO declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 28 de Julio del 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and flourishes, representing the author's name.

**Gabriela Betzabeth Cedeño Castro**

**210069365-0**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación. **TRATAMIENTO QUÍMICO DE LOS LIXIVIADOS PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN SHUSHUFINDI**, realizado por la señorita: **GABRIELA BETZABETH CEDEÑO CASTRO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Leonardo Daniel Cabezas Andrade, M. Sc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-07-28
Ing. Julio Rolando Coello Cabezas, M.Sc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-07-28
Ing. Norma Isabel Domínguez Gaibor, M. Sc <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>		2022-07-28

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Integración Curricular, dedico a cada uno de mis seres queridos quienes han sido mi pilar fundamental para seguir adelante en cada instante de mi vida.

A mis padres Jorge Cedeño y Esperanza Castro, porque ellos me forjaron como una persona fuerte y luchadora. Me formaron con reglas y con algunas libertades que al final de cuentas, me ayudaron en el logro de mis metas.

A mi esposo Nixon Hinojosa y a mi hijo Samuel Hinojosa, quienes han sido mi mayor motivación para seguir luchando y no rendirme en mis estudios y en cada proyecto realizado.

Finalmente, a mis hermanos, Maricela, Fátima, María, Luis, Manuel, Cristina y Alfredo, porque son la razón de sentirme muy orgullosa de culminar este trabajo de Integración Curricular. Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes, he finalizado con éxito un proyecto que al iniciar parecía muy complicado de concluir, pero con el apoyo de ustedes puedo decir lo logramos familia.

*Gabriela*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. A los docentes y académicos que me han apoyado en este proceso de aprendizaje a lo largo de la carrera, por sus conocimientos impartidos en las aulas potenciando mis habilidades y conocimientos para formarme como una profesional competitiva. Al Ing. Julio Coello, Ing. Isabel Domínguez, y Dr. Luis Lema, por su permanente asesoramiento, paciencia y apoyo durante el transcurso de la realización del trabajo de integración curricular.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Shushufindi, Autoridades e ingenieros, por haberme dado la oportunidad de trabajar en sus instalaciones haciendo posible el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular de manera satisfactoria.

*Gabriela*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Antecedentes de la Investigación.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Marco Conceptual .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1. Desechos sólidos .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2. Disposición de residuos sólidos .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.3. Composición de los residuos sólidos .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.4. Relleno sanitario .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.5. Lixiviados de un relleno sanitario .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.6. Generación de los lixiviados .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.7. Características de los lixiviados .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.8. Composición de los lixiviados .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.9. Parámetros físicoquímicos de los lixiviados .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.10. Contaminación de las aguas superficiales .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.11. Tratamiento de lixiviados.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.11.1. Sistemas Físico químicos .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.11.2. Sistemas de Membranas.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.11.3. Sistemas Naturales .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.12. Tratamientos físicos químicos de lixiviados .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.13. Etapas del tratamiento físicoquímico .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.13.1. Coagulación .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.13.2. Flocculación .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.13.3. Decantación – Flotación.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.14. Teoría de la coagulación.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.15. Factores que influyen en la coagulación .....</b>	<b>19</b>

1.2.16.	<i>Factores que influyen en la floculación</i> .....	19
1.2.17.	<i>Pruebas de Jarras</i> .....	20
1.2.18.	<i>Normativa Vigente</i> .....	21
1.2.18.1.	<i>Valores máximos admisibles y límites máximos permisibles</i> .....	21
1.2.18.2.	<i>Normativa empleada para el muestreo</i> .....	23
1.2.18.3.	<i>Normativa empleada para la conservación y transporte de la muestra</i> .....	23

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	24
2.1.	<b>Área de estudio</b> .....	24
2.2.	<b>Tipo y diseño de investigación</b> .....	24
2.2.1.	<i>Diseño de la investigación</i> .....	25
2.3.	<b>Metodología</b> .....	26
2.4.	<b>Métodos y técnicas</b> .....	27
2.4.1.	<i>Métodos</i> .....	27
2.4.1.1.	<i>Enfoque Cualitativo y Enfoque Cuantitativo</i> .....	27
2.4.1.2.	<i>Método Deductivo</i> .....	27
2.4.1.3.	<i>Método Experimental</i> .....	27
2.4.2.	<i>Técnicas</i> .....	28
2.4.2.1.	<i>Técnica empleada para el muestreo de los lixiviados</i> .....	28
2.4.2.2.	<i>Técnica empleada para la caracterización de los Lixiviados</i> .....	28
2.4.2.3.	<i>Determinación de dosis óptima de coagulante</i> .....	29
2.5.	<b>Datos Experimentales</b> .....	31
2.5.1.	<i>Pruebas experimentales con Sulfato de Aluminio</i> .....	31
2.5.2.	<i>Pruebas experimentales con poliamida</i> .....	32
2.5.3.	<i>Pruebas experimentales con Polidadmac</i> .....	33
2.5.4.	<i>Pruebas experimentales con Policloruro de Aluminio</i> .....	34
2.5.5.	<i>Pruebas experimentales con Sulfato de aluminio y floculantes</i> .....	35
2.5.6.	<i>Pruebas experimentales con Poliamida y floculantes</i> .....	37
2.5.7.	<i>Pruebas experimentales con Polidadmac y floculantes</i> .....	38
2.5.8.	<i>Pruebas experimentales con Policloruro de Aluminio y floculantes</i> .....	40
2.5.9.	<i>Pruebas experimentales con oxidación</i> .....	43

## CAPÍTULO III

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	46
----	-------------------------------------	----

<b>3.1.</b>	<b>Resultados obtenidos .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1.1.</b>	<i>Caracterización de los lixiviados del relleno sanitario .....</i>	<i>46</i>
<b>3.1.2.</b>	<i>Determinación de las dosis óptimas de los coagulantes y floculantes .....</i>	<i>47</i>
<b>3.1.3.</b>	<i>Eficiencia de los productos químicos aplicados en la clarificación.....</i>	<i>49</i>
<b>3.2.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>57</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Distribución estimada de los componentes de los residuos sólidos .....	7
<b>Tabla 2-1:</b> Componentes principales para la caracterización .....	8
<b>Tabla 3-1:</b> Rango de concentración de lixiviados de un vertedero .....	11
<b>Tabla 4-1:</b> Clasificación de los lixiviados en función a su edad.....	13
<b>Tabla 5-1:</b> Parámetros físico químicos de los lixiviados.....	14
<b>Tabla 6-1:</b> Tecnologías para el tratamiento de los lixiviados .....	17
<b>Tabla 7-1:</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	22
<b>Tabla 8-2:</b> Materiales y equipos para la toma de muestra .....	28
<b>Tabla 9-2:</b> Métodos y técnicas empleados para la caracterización de los lixiviados .....	29
<b>Tabla 10-2:</b> Tipos de polímeros utilizados en la floculación.....	30
<b>Tabla 11-2:</b> Polímeros utilizados en las pruebas finales .....	30
<b>Tabla 12-2:</b> Experimentación con Sulfato de Aluminio sin floculante .....	31
<b>Tabla 13-2:</b> Experimentación con Poliamida sin floculante.....	32
<b>Tabla 14-2:</b> Experimentación con poliamida sin floculantes.....	33
<b>Tabla 15-2:</b> Experimentación con Policloruro de Aluminio sin floculante .....	34
<b>Tabla 16-2:</b> Experimentación Sulfato de Aluminio y floculantes aniónicos .....	35
<b>Tabla 17-2:</b> Experimentación con Sulfato de Aluminio y floculantes aniónico y catiónico ....	36
<b>Tabla 18-2:</b> Experimentación con Poliamida y floculantes.....	37
<b>Tabla 19-2:</b> Experimentación con Polidadmac y floculantes aniónicos.....	38
<b>Tabla 20-2:</b> Experimentación con Polidadmac y floculante aniónico y catiónico .....	39
<b>Tabla 21-2:</b> Experimentación con Policloruro de Aluminio y floculante .....	40
<b>Tabla 22-2:</b> Experimentación con Policloruro de Aluminio y floculantes .....	41
<b>Tabla 23-2:</b> Experimentación con Policloruro de Aluminio y floculantes .....	42
<b>Tabla 24-2:</b> Experimentación con Oxidación, Sulfato de Aluminio y floculantes. ....	43
<b>Tabla 25-2:</b> Experimentación con oxidación, Sulfato de Aluminio y floculantes. ....	44
<b>Tabla 26-2:</b> Experimentación con Oxidación y policloruro de Aluminio. ....	45
<b>Tabla 27-3:</b> Condiciones iniciales de la muestra del lixiviado y límites permisibles .....	46
<b>Tabla 28-3:</b> Datos de los análisis físico-químico antes y después del tratamiento .....	49
<b>Tabla 29-3:</b> Porcentaje de eficiencia de los productos químicos .....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1- 2:</b>	Diagrama de flujo del diseño de la investigación.....	25
<b>Gráfica 2-2:</b>	Diseño factorial inicial del tratamiento experimental.....	26
<b>Gráfica 3-3:</b>	Dosis de Coagulantes y Floculantes sin oxidación en función de la turbiedad...48	
<b>Gráfica 4-3:</b>	Dosis de Coagulantes y Floculantes con oxidación en función de la turbiedad..49	
<b>Gráfica 5-3:</b>	Porcentaje de eficiencia turbiedad y potencial de hidrógeno.....	51
<b>Gráfica 6-3:</b>	Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica y demanda química de oxígeno. 51	
<b>Gráfica 7-3:</b>	Porcentaje de eficiencia turbiedad y potencial de hidrógeno.....	52
<b>Gráfica 8-3:</b>	Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica y demanda química de oxígeno. 52	
<b>Gráfica 9 - 3:</b>	Porcentaje de eficiencia turbiedad y potencial de hidrógeno.....	53
<b>Gráfica 10-3:</b>	Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica de oxígeno y DQO. ....	53
<b>Gráfica 11-3:</b>	Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica de oxígeno y DQO. ....	54
<b>Gráfica 12-3:</b>	Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica de oxígeno y DQO. ....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Vista en sección de un relleno sanitario controlado .....	9
<b>Figura 2-1:</b> Esquema temático de la generación de lixiviados .....	10
<b>Figura 3-1:</b> Pruebas de jarras.....	20
<b>Figura 4-2:</b> Área de estudio.....	24

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** SOLICITUD PARA INGRESAR AL RELLENO SANITARIO Y LABORATORIO
- ANEXO B:** TOMA DE MUESTRA DESDE EL EXTERIOR DE LA SISTERNA
- ANEXO C:** TOMA DE MUESTRA DESDE EL INTERIOR DE LA SISTERNA
- ANEXO D:** MATERIALES A UTILIZAR PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN
- ANEXO E:** PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES
- ANEXO F:** PRUEBA DE CAMPO INICIAL
- ANEXO G:** FILTRACIÓN DEL LIXIVIADO
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE HIERRO TOTAL
- ANEXO I:** DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS
- ANEXO J:** DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD
- ANEXO K:** DETERMINACIÓN DE COLIFORMES
- ANEXO L:** MEDICIÓN DEL LIXIVIADO
- ANEXO M:** APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE JARRA
- ANEXO N:** OBSERVACIÓN FORMACIÓN DE LOS FLOCS
- ANEXO Ñ:** FILTRACIÓN DEL LIXIVIADO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
- ANEXO O:** LIXIVIADO CLARIFICADO
- ANEXO P:** MEDIDA DE LA TURBIEDAD
- ANEXO Q:** RESULTADO MUESTRA INICIAL LIXIVIADO CRUDO
- ANEXO R:** ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON SULFATO DE ALUMINIO Y FLOCULANTE 5
- ANEXO S:** ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON SULFATO DE ALUMINIO CON FLOCULANTE 7
- ANEXO T:** ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO POLICLORURO DE ALUMINIO CON FLOCULANTE 5
- ANEXO U:** ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON POLICLORURO DE ALUMINIO Y FLOCULANTE 8

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfocó en la aplicación del tratamiento químico de coagulación-floculación para la clarificación de los lixiviados provenientes del relleno sanitario del Cantón Shushufindi; con el fin de disminuir la concentración de contaminantes presentes. Como referencia fueron tomados parámetros del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo I, Tabla 9, para la caracterización física – química del lixiviado. La metodología se desarrolló utilizando cuatro químicos, dos clarificantes coagulantes metálicos (Sulfato de Aluminio, y Policloruro de Aluminio) y dos orgánicos (Poliamida y Polidadmac), ocho químicos floculantes como aniónicos, catiónicos y no iónico. Se preparó soluciones al 0.1% y al 1% respectivamente. Utilizando el equipo de pruebas de jarras, combinando coagulantes en dosis de 50 a 1500 ppm; floculantes de 1 a 10 ppm y un oxidante 50 ppm. De la combinación de estos químicos, se obtuvo cuatro productos que dieron buenos resultados para este tipo de lixiviados. Siendo el producto 4 con una combinación de (50 ppm de hipoclorito de sodio, 1200 ppm de policloruro de aluminio y 2 ppm del floculante 8 (catiónico de baja carga y alto peso), el mejor producto logrando la remoción de la turbiedad en un 98,98%, en cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBQ5), se logra una reducción del 40% y de un 43,43% para la demanda química de oxígeno (DQO), en cuanto al potencial de hidrógeno se observa una variación mínima de un 2,10%. Como se puede notar la eliminación de los sólidos suspendidos es casi total, no así la presencia de la carga orgánica, por lo que esta técnica es recomendable para el tratamiento de lixiviados. Finalmente se recomienda implementar un proceso biológico como complemento del tratamiento químico de clarificación ya que ayudaría a eliminar completamente el remanente de materia orgánica.

**Palabras clave:** <TRATAMIENTO QUÍMICO>, <RELLENO SANITARIO>, <LIXIVIADOS>, <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA (TULSMA)>, <COAGULANTE>, <COAGULACIÓN>, <CLARIFICACIÓN>.

*Leonardo Medina*  
*08-09-2022.*

Ing. Leonardo Fabio Medina Ñuste Msc.  
1757773294



1769-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The present research work focused on the application of the chemical treatment of coagulation- flocculation for the clarification of leachate from the sanitary landfill of Shushufindi City, in order to reduce the concentration of pollutants present. As a reference, parameters were taken from the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of Environment (TULSMA) Book VI, Annex I, Table 9, for the physical-chemical characterization of the leachate. The methodology was developed using four chemicals, two metallic coagulant clarifiers (Aluminum Sulfate and Aluminum Polychloride) and two organic ones (Polyamide and Polydadmac), eight flocculant chemicals such as anionic, cationic and non-ionic. Solutions were prepared at 0.1% and 1% respectively. Using the jar test equipment, combining coagulants in doses from 50 to 1500 ppm; flocculants from 1 to 10 ppm and an oxidant 50 ppm. From the combination of these chemicals, four products were obtained that gave good results for this type of leachate. Being product 4 with a combination of (50 ppm of sodium hypochlorite, 1200 ppm of aluminum polychloride and 2 ppm of flocculant 8 (low load and high weight cationic), the best product achieving the removal of the turbidity in 98,98%, as for the biochemical oxygen demand (DBQ5), a reduction of 40% is achieved and 43.43% for the chemical oxygen demand (COD), asfor the hydrogen potential a minimum variation of tm 2.10% is observed. As it can be noticed, the elimination of the suspended solids is almost total, but not the presence of the organic load, so this technique is recommended for leachate treatment. Finally, it is recommended to implement a biological process as a complement to the chemical clarification treatment, since it would help to completely eliminate the remaining organic matter.

**keywords:** < CHEMICAL TREATMENT>, < SANITARY LANDFILL>, <LEACHATES>, < UNIFIED TEXT OF SECONDARY LEGISLATION (TULSMA)>, < COAGULANT>, <COAGULATION>, < CLARIFICATION>.



Lcdo. Erich Gonzalo Guaman Condoy Mgs.

0704554484

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y su concentración en distintas áreas, traen consigo el incremento de la generación de residuos sólidos urbanos, y a su vez serios impactos ambientales que constituyen uno de los principales problemas ambientales más significativos mundialmente (Chaganti y Crohn, 2015: pp.45 - 55). El mal manejo de los residuos sólidos causa problemas de salud a los habitantes y recursos naturales, desde que se generan hasta su disposición final (Sanz, 2006, p.21).

En algunos países hispanoamericanos los rellenos sanitarios y vertederos son el lugar donde se depositan los residuos sólidos, siendo los métodos de eliminación más utilizados para la disposición final de los residuos (Bhatt *et al.*, 2016: p.7). Los líquidos que se generan en este tipo de infraestructura en su operación y posterior cierre causan problemas al ambiente. A estos líquidos percolados se los conocen como lixiviados (Noguera y Olivero, 2010: pp.346 - 352; Eljaiek y Bermúdez, 2013: pp.1-7). Así mismo, se los considera como un desafío ya que no son muy fáciles de tratar siendo un reto al que se enfrentan día a día técnicos y profesionales, debido a su alta concentración de contaminantes (Fernández, y Rubio, 2011: pp. 1-2).

En varios países latinoamericanos que implementan tecnologías para el tratamiento de lixiviados, no cuentan con las condiciones adecuadas para mantener un control de los daños que puede causar a la salud de los habitantes y también al ambiente (Zafra y Romero, 2019: p.5); (Morante *et al.*, 2021: p.318).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Shushufindi, dentro de su Gestión Integral de Desechos Sólidos, posee un Relleno Sanitario, el mismo que cuenta con la Licencia Ambiental (Yumisaca, 2019, p.2-3). El manejo de los residuos sólidos del cantón Shushufindi, se da mediante cuatro fases; inicia con la limpieza de áreas verdes y espacios públicos, sigue la recolección, el posterior transporte y culmina con la disposición final de los residuos sólidos.

En la fase de disposición final se generan los lixiviados, éstos contienen partículas en suspensión con alta carga contaminante, pudiendo éstas pasar por filtros delgados. (Santamaría, 2019: pp. 23-24).

Por lo tanto, para poder eliminar estas partículas es recomendable emplear los sistemas de tratamientos según el medio de eliminación pudiendo ser físicos, químicos o biológicos (González *et al.*, 2020: pp.76-77).

El presente estudio de integración curricular, plantea realizar el tratamiento químico de los lixiviados provenientes del relleno sanitario del Cantón Shushufindi mediante procesos de coagulación-floculación para clarificar los lixiviados, con el fin de mitigar la contaminación de efluentes.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Varios estudios realizados dan a conocer métodos, para deshacerse de los residuos sólidos de manera económica, siendo uno de éstos, el relleno sanitario, ya que permite su descomposición de manera controlada (Montes, 2011, p.6). Es así que, estos sitios son focos de depósitos de una gran cantidad de residuos; que por la descomposición, las precipitaciones y posteriormente su compactación producen líquidos percolados que son llevados por arrastre conteniendo todo tipo de elementos y compuestos tóxicos en elevadas concentraciones (Segura y Rocha, 2019: p.146). Ya que, los lixiviados contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales pesados, y sales inorgánicas que provocan daños al ambiente, son difíciles de tratar.

El cantón Shushufindi cuenta con una población de 44,328 habitantes (INEC, 2020, p.1). Cada habitante del sector urbano produce 0,55 kg/día, mientras que, los habitantes que residen en las zonas rurales producen un 0,36 kg/día. Se estima que la producción de residuos puede incrementarse un 0,5% cada año (Yumisaca, 2019, p.3).

El Ministerio del Ambiente, Agua y transición Ecológica, a través del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), menciona que las aguas residuales contaminadas deben ser tratadas por una empresa gestora calificada, siendo entonces un reto para las municipalidades o empresas que requieran tratar este tipo de fluidos (Santamaría, 2019, p.5).

Con el desarrollo de este trabajo, se pretende aplicar un tratamiento fisicoquímico a los lixiviados, dentro del cual con un proceso de coagulación -floculación en el que se desestabiliza la materia coloidal y se agrupan las partículas (González *et al.*, 2020: p.77), éstas pueden ser eliminadas ya sea por filtración o decantación, logrando así bajar la concentración de contaminantes.

## **JUSTIFICACIÓN**

El relleno sanitario del Cantón Shushufindi, obtuvo su licencia en el año 2016 (Yumisaca, 2019, p.3), este recibe 8586.48 toneladas anuales de residuos orgánicos e inorgánicos y genera 0,95 litros/segundos de lixiviados aproximadamente, mismos que son tratados en dos piscinas con lechos de secado(Gallardo, 2014:pp.120-122 ; Tenorio, 2019,p.1).Cabe mencionar, que por falta de mantenimiento de dichas piscinas al parecer el tratamiento es ineficiente. Esto, ya que los lixiviados al ser descargados al cuerpo de agua superficial que se encuentra en el sector, causan problemas ambientales como; el deterioro de la vida acuática, la muy probable contaminación de las aguas subterráneas, la erosión del suelo y posibles afectaciones a la salud debido que las comunidades cercanas utilizan este recurso para varias actividades.

El propósito de este trabajo de Integración Curricular es realizar el tratamiento químico de los lixiviados provenientes del relleno sanitario del Cantón Shushufindi mediante procesos de coagulación-floculación, con el objeto de conseguir la clarificación de éstos y la disminución de agentes contaminantes, antes de ser evacuados a un cuerpo de agua dulce, mitigando la contaminación ambiental.

## **Objetivos de la investigación**

### ***Objetivo General***

- Realizar el tratamiento químico de los lixiviados provenientes del relleno sanitario del Cantón Shushufindi mediante procesos de coagulación-floculación.

### ***Objetivos Específicos***

- Caracterizar los lixiviados provenientes del Relleno Sanitario del Cantón Shushufindi.
- Establecer la dosis óptima de coagulantes y floculantes para la clarificación de los lixiviados.
- Determinar la eficiencia de los coagulantes y floculantes utilizados para el tratamiento de los lixiviados.

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis Nula***

- La clarificación de los lixiviados del relleno sanitario no se puede realizar con tratamiento químico mediante procesos de coagulación-floculación.

### ***Hipótesis Alternativa***

- La clarificación de los lixiviados del relleno sanitario se puede realizar con tratamiento químico mediante procesos de coagulación-floculación.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes de la Investigación

Varios experimentos de tratamientos químicos de lixiviados han sido realizados, en algunos casos con el método de clarificación reduciendo la carga orgánica con procesos de coagulación y floculación y en otros casos con métodos diferentes, como procesos de aditivos surfactantes y de absorción con carbón activado, obteniendo buenos resultados.

En un estudio, se realizaron experimentaciones con distintas dosis de polielectrolitos aniónico y catiónicos, y también con coagulantes metálicos como el sulfato de aluminio, cloruros férricos, y policloruro de aluminio. Se realizaron pruebas de jarras con dosis de 50 a 300 mg/l de los coagulantes y 2 polielectrolitos con dosis de 2 a 12 mg/l. Obteniéndose remociones del 42% de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno (Mendez, et al. 2006: p.18).

Por otro lado, Anrango (2018,p.2), menciona en su investigación que con el objetivo de caracterizar y determinar el grado de biodegradabilidad del lixiviado utilizó algunas técnicas como Coagulación – Floculación, Oxidación Avanzada mediante reacción feton, utilizando peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso heptahidratado. En el estudio inicialmente aplicó el tratamiento químico coagulación-floculación con dosis de 6000mg/l y 1400 mg/l de coagulante orgánico y las mismas dosis en la Oxidación Avanzada. El resultado alcanzado fue una remoción del 75% de la demanda química de oxígeno (DQO). Mientras que, con el segundo tratamiento se removió el 90% de la DQO. Además, con la combinación de los dos métodos se removió el 88% de la DQO.

En otro estudio, con el objetivo de reducir la carga contaminante, demostrar la eficiencia y optimización del sulfato de aluminio, emplearon una mezcla de floculantes con concentraciones de 40ml de polímero orgánico al 3,5%, como coadyuvante, 10ml de sulfato de aluminio al 12,5% y 2ml de floculante aniónico. Se realizaron 90 pruebas de jarras en laboratorio, logrando resultados que indican una remoción del 81% de la turbidez, 26% en la demanda química de oxígeno y un 90% en el color. (Vargas, 2016,p.12).

En un estudio realizado en el Cantón Lago Agrio, utilizaron dos métodos; aireación – coagulación - floculación y cloración, y el método de ozonización– coagulación –floculación y cloración. Con el objeto de determinar el mejor sistema realizaron pruebas de jarras, evaluando la demanda química de oxígeno, potencial de hidrogeno, tiempo de reacción y cantidad de químicos utilizados. Los resultados obtenidos indican que el primer método fue eficiente ya que se obtuvo una remoción del 99,23% de la demanda química de oxígeno y el cumplimiento de la normativa

TULSMA de los demás parámetros, para la descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce (Dávila, y Aguirre 2013,p.24).

Pese a que los estudios a nivel provincial y cantonal, son limitados, de acuerdo a los estudios revisados, el tratamiento químico mediante el método de clarificación es muy utilizado, tanto a nivel internacional como nacional, siendo éste una de las mejores alternativas para el tratamiento de los lixiviados.

## **1.2. Marco Conceptual**

### ***1.2.1. Desechos sólidos***

Se puede mencionar que residuo sólido es todo aquello que se desecha después de la elaboración o consumo de un producto, y suelen estar en un área determinada (Rea, 2017,p.41). Pueden ser residuos orgánicos como restos de alimentos, poda de árboles y también pueden ser inorgánicos como el vidrio, envases de conservas, metales entre otros (Sbarato, 2009,p.16). En la naturaleza todos los desechos se descomponen en diferentes materiales que son aprovechados como nutrientes por microorganismos presentes en el suelo (Sbarato, 2009,p.17). Sin embargo algunos residuos sólidos son depositados en puntos claves y a su vez transportados para su eliminación de acuerdo a lo establecido en la legislación ambiental vigente (Medina, 2014,p.25).

### ***1.2.2. Disposición de residuos sólidos***

La disposición de los residuos sólidos es el proceso que se da para el tratamiento y a su vez disponer de un lugar adecuado para los residuos como etapa final del manejo de manera permanente y ambientalmente seguro. La disposición de residuos es prioritaria desde el punto de vista ambiental debido que no hay una adecuada selección del lugar para la ubicación de los vertederos o rellenos sanitarios, no existe la realización de las obras básicas como impermeabilizar el suelo, sistema para la recolección de gases y lixiviados que se producen, también los sistemas que recolectan las aguas lluvias (Sáez y Urdaneta, 2014, pp.1 - 16). En si la operación misma de estos lugares no son las adecuadas llevando a que el sistema de disposición de residuos sólidos sea deficiente desde el inicio de la obra o actividad.

Sin embargo, este problema empieza desde que los habitantes depositan sus desechos sin ninguna preocupación del destino ni las afectaciones que podrían provocar depositando en cualquier punto formando focos de contaminación (Sbarato, 2009,p.28).

Por consiguiente, es muy importante que se implemente métodos que ayuden de manera integral con el manejo de los residuos sólidos, que cuenten con una serie de acciones como establecimiento de normas para la generación, composición y la caracterización de los residuos,

y recursos humanos competentes para dar un buen servicio del manejo de los recursos sólidos de manera sostenida(Dávila, 2013:pp.36-39).

### 1.2.3. Composición de los residuos sólidos

La composición de los residuos sólidos es la descripción de cada elemento que compone a los residuos sólidos de manera individual y se la distribuye en porcentaje de peso. La composición de los residuos da a conocer la fracción de los residuos que viene dada por (kg/día y porcentaje de fracción húmeda y fracción seca)(Dávila, 2013,p.52). La composición de los residuos ayuda a tener conocimiento de los efluentes que puede producir la planta y a su vez el impacto que produce al ambiente. De tal manera que, Sbarato (2009, p.26), menciona la importancia de la composición de estos residuos ya que ayuda a conocer las necesidades de los equipo, los sistemas, programas y planes de gestión. Además, la composición de los residuos que se evacuan establece los posibles lixiviados y la polución de las aguas subterráneas.

**Tabla 1-1:** Distribución estimada de los componentes de los residuos sólidos

Categoría de Residuo	Porcentaje en peso	
	Rango	Típico
Domésticos y comerciales,	50 – 75	62,0
Especiales	3 – 12	5,0
Peligrosos	0,01 – 1,0	0,1
Institucionales	3 – 5	3,4
Construcción y demolición	8 - 20	14,0
Servicios Municipales		
Limpieza de calles	2 – 5	3,8
Árboles y paisajismo	2 – 5	3,0
Parques y zonas recreativas	1,5 – 3	2,0
Sumideros	0,05 – 1,2	0,7
Fangos de plantas de tratamiento	3 – 8	6,0
Total	100,0	

Fuente:(MAP, 2018).

Se debe tomar en cuenta para la gran mayoría de estudios algunos componentes principales para su caracterización los cuales se muestran en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Componentes principales para la caracterización

Componentes	
Papel y Cartón	Neumáticos
Plástico	Residuos de comida
Madera	Metales
Vidrio	Textiles
Residuos de Jardín	

Fuente:(Sbarato 2009).

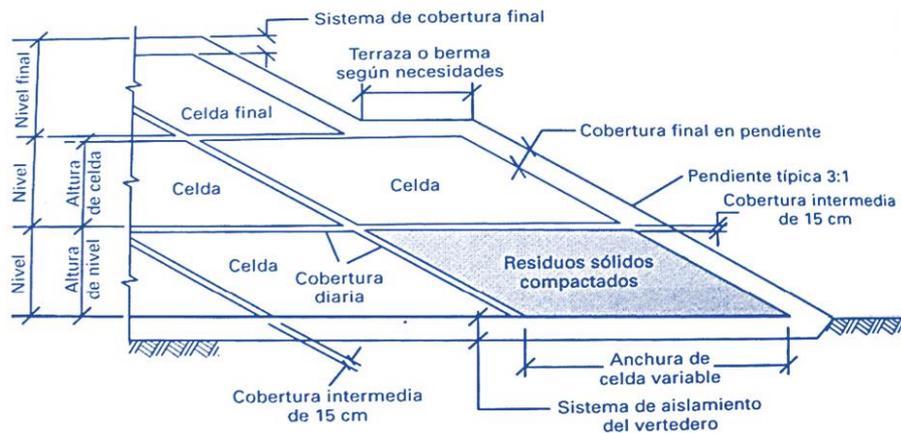
#### ***1.2.4. Relleno sanitario***

El relleno sanitario es el único método de eliminación de residuos capaz de tratar todos los materiales del flujo de residuos sólidos. En el tratamiento biológico o térmico como alternativa, el propio proceso produce residuos que deben ser vertidos posteriormente (Marshall y Farahbakhsh, 2013:pp.2-16). En todo sistema de gestión de residuos sólidos es necesario el vertido, que es considerado el más sencillo, y el más económico en muchos casos, siendo así que para la eliminación de residuos sólidos se ha confiado en este método a lo largo de la historia del ser humano (Tchobanoglous, 1994; Marshall y Farahbakhs, 2013).

Una parte importante de la gestión integrada de desechos es la eliminación segura y confiable de los desechos sólidos municipales (RSU). Los residuos sólidos son el componente de residuos que queda después del procesamiento en una instalación de recuperación de materiales o después de convertir productos y/o recuperación de energía, se han colocado sobre o en los suelos superficiales de la tierra o se han depositado en los océanos desde la antigüedad (Ghasemzade y Pazoki, 2017:pp.689-695).

El equipo físico utilizado para la eliminación de residuos y desechos sólidos en los suelos superficiales de la tierra se describe como el término vertedero. Hoy en día, la planificación, el diseño, la operación, el monitoreo ambiental, el cierre y el control post cierre de los vertederos están incluidos en la gestión de los mismos (Tchobanoglous 1994). Los procesos han cambiado drásticamente, de modo que los vertederos construidos recientemente, han superado los problemas anteriormente asociados a los "vertederos", (Tchobanoglous et al. 1993).

Los revestimientos generalmente consisten en capas de arcilla compactada y/o geomembranas diseñadas para evitar la migración de lixiviados y gases de vertedero (Figura 1). Las instalaciones de control de rellenos sanitarios incluyen revestimientos, sistemas de recolección y extracción de lixiviados, sistemas de extracción y recolección de gases de relleno sanitario y sobrecarga diaria y final (Tchobanoglous 1994).



**Figura 1-1:** Vista en sección de un relleno sanitario controlado

Fuente: (Tchobanoglous 1994).

### 1.2.5. Lixiviados de un relleno sanitario

Las formas generales de eliminación de residuos son los vertederos, la incineración, pirólisis y el compostaje de residuos. Sin embargo, los vertederos son una parte esencial de la eliminación de la mayoría de los desechos municipales en la actualidad (Montes, 2011, pp. 3-7). El problema de los rellenos sanitarios es la contaminación por lixiviados. De manera que, se considera a los lixiviados como un tipo de agua residual, que se compone de una alta carga orgánica, compuestos orgánicos solubles y componentes inorgánicos (Liu *et al.*, 2015: pp. 1-6). La materia orgánica disuelta de los lixiviados puede afectar a la actividad microbiana, causar el ensuciamiento de las membranas, disminuir la calidad del efluente del proceso de coagulación, interactuar con los contaminantes orgánicos y cambiar el destino de los metales pesados en su comportamiento de transporte, estabilidad y biodisponibilidad (Yang, y Meng, 2019: pp. 2-5). Además, el problema de los lixiviados de los rellenos sanitarios es a largo plazo, debido a que se forman mucho tiempo después del cierre del sitio. Para ello la producción de lixiviados debe controlarse y gestionarse eficazmente de principio a fin (Baderna, y Benfenati, 2019: pp. 21-30).

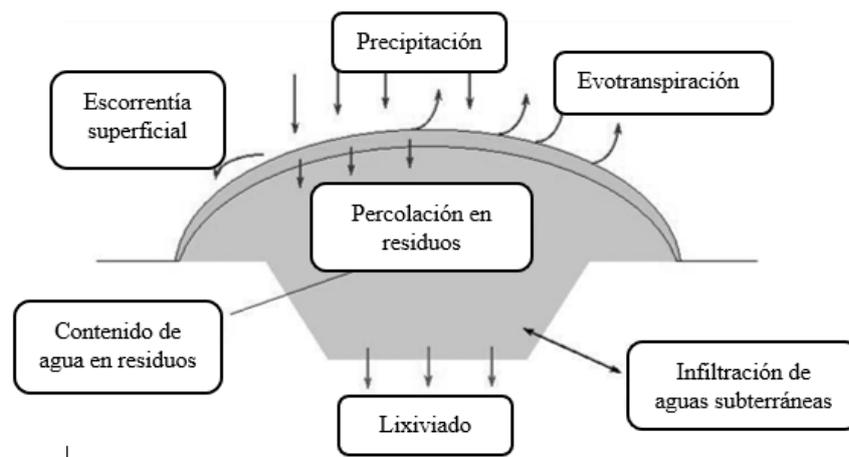
### 1.2.6. Generación de los lixiviados

Según Bozkurt (2000: pp. 10-25), los lixiviados de los vertederos se generan por una serie de factores, como:

- Infiltración de las aguas subterráneas.
- Infiltración de los lixiviados en el suelo (puede producirse una posible contaminación de las aguas subterráneas)
- Lluvia (precipitación)
- Agua procedente de los residuos depositados, principalmente debido a la presión estática.

- La evaporación del lugar.

Los vertederos más antiguos solían funcionar de forma poco sofisticada; la gestión y el funcionamiento rara vez incluían dispositivos de protección adecuados y con grandes zonas de depósito abiertas donde se depositaban los residuos(Bozkurt, 2000,p.30). Algunos puntos básicos que definen la influencia del agua de lluvia son: la magnitud, la frecuencia de las precipitaciones, el área del vertedero directamente expuesta para recibir el agua de lluvia y la forma del vertedero permitiendo que el agua de lluvia "escurra" desde el área del vertedero como agua superficial(Montes, 2011,p.15). En Figura 2 se presenta un esquema del balance hídrico en un vertedero.



**Figura 2-1:** Esquema temático de la generación de lixiviados

Fuente: (Bozkurt 2000).

Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.

Si el balance hídrico durante un periodo de tiempo definido normalmente un año muestra que la evaporación de la zona es mayor que la precipitación, puede ser esencial centrarse en un periodo de tiempo más corto al estudiar el balance hídrico(Jiménez, 2021,p.37). Cada vez es más evidente que la gestión de los lixiviados de los vertederos requiere un conocimiento más profundo de los procesos internos de los mismos(Sánchez, 2013:pp.31-32). De tal manera, que facilitaría la planificación de la gestión de los lixiviados, proporcionando los conocimientos necesarios sobre la composición a corto y largo plazo de los lixiviados.

### **1.2.7. Características de los lixiviados**

Las propiedades de los lixiviados dependen ciertamente de los componentes y la humedad de los residuos, así como de sus fuentes, la lluvia es un parámetro dominante. El agua de lluvia entra en el vertedero y transporta los contaminantes solubles a la fase líquida desde la fase sólida. Simultáneamente, las materias orgánicas de los residuos se descomponen en materias orgánicas solubles (como los ácidos grasos volátiles), que también pasan al lixiviado bajo la acción de los

microorganismos (Yang, y Meng, 2019: pp. 2-5). Los lixiviados tienen no sólo una alta concentración de contaminantes orgánicos, sino que también contiene un gran número de ingredientes inorgánicos, así como tóxicos y nocivos. Cabe mencionar que, si los residuos industriales se depositan junto con la basura en un vertedero de residuos sólidos urbanos, la composición del lixiviado será más compleja, debido a la disolución de los contaminantes en los residuos industriales (Youcai, 2018,p.12).

### 1.2.8. Composición de los lixiviados

Las características de composición de los lixiviados dependen de varios factores como balance hídrico, tipo de residuos, y también de los procesos físicos químicos o biológicos que se dan en su interior (Sánchez, 2013,p.28). Existen varios compuestos que se han reconocidos en los lixiviados como los hidrocarburos cíclicos, aromáticos, bencenos, alcoholes y compuestos que contienen nitrógeno ,fosforo y trazas que no se pueden identificar (Hernández, 2020,pp.7-8).

Las composiciones de los lixiviados pueden dividirse en cuatro partes de contaminantes. Materia orgánica como: DQO (demanda química de oxígeno) y COT (carbono orgánico total); compuestos orgánicos específicos, compuestos inorgánicos y metales pesados (Robinson, 2005. p 3-5). Sin embargo, el contenido orgánico de los lixiviados suele medirse mediante el análisis de la suma de parámetros como la DQO, la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y el COT y el carbono orgánico disuelto. Los rangos típicos de la concentración de los parámetros seleccionados en los lixiviados se muestran en la siguiente Tabla 3-1 (Owusu-Nimo *et al.*, 2019. p 2-9).

**Tabla 3-1:** Rango de concentración de lixiviados de un vertedero

Parámetros	Rango (mg/l)
PH	3.7- 9
Dureza	400- 2,000
Sólidos totales disueltos (TDS)	0- 42,300
Demanda química de oxígeno (DQO)	150- 6,000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	0- 4,000
Nitrógeno total Kjeldahl (TKN)	1- 100
Amoniaco	5- 100
Nitrato	<1- 0.5
Nitrito	<1
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	<1- 300
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	1- 10
Aluminio	<0.01- 2
Arsénico	0.01- 0.04

Bario	0.1- 2
Berilio	<0.0005
Boro	0.5- 10
Bromo	<1- 15
Cadmio	<0.01
Calcio	100- 1,000
Cloro	20- 2,500
Cobalto	0.1- 0.08
Cobre	<0.008- 10
Cromo	<0.01- 0.5
Fluoruro	5- 50
Lead	0- 5
Magnesio	16.5- 15,600
Manganeso	0.06- 1,400
Níquel	0.4- 3
Potasio	3- 3,800
Selenio	0.004- 0.004
Sodio	0- 7,700
Cinc	0- 1,350

Fuente:(Kamaruddin *et al.*, 2017).

La variabilidad de estos lixiviados depende de su clasificación de acuerdo a la edad de los mismos de tal manera que los lixiviados antiguos según la relación de la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno (DBO5/DQO), contienen mayor abundancia de ácidos húmicos y fúlvicos, que no pueden biodegradarse fácilmente. Mientras que los lixiviados jóvenes se los puede tratar fácilmente (Duncan, 1979; Sánchez, 2013).

Debido al aumento de ácidos húmicos y fúlvico en los lixiviados se produce una baja relación entre la DBO5/DQO, porque existen cambios que se dan con el paso del tiempo en sus estructuras dificultando el metabolismo de las bacterias(Duncan, 1979,pp.3-5). De tal manera que en los lixiviados de un relleno joven los anillos aromáticos no están muy condensadas y sus moléculas de los ácidos húmicos, son pequeñas(Duncan, 1979,p.5).

**Tabla 4-1:** Clasificación de los lixiviados en función a su edad

<b>Edad del relleno (años) y tipos de lixiviados</b>				
		<b>&lt; 5(joven)</b>	<b>5- 10 (Medio)</b>	<b>&gt;10(viejo)</b>
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>I (biodegradable)</b>	<b>II (intermedio)</b>	<b>III (intermedio)</b>
pH		< 6.5	6.5 – 7.5	>7.5
DQO	(mg/L)	>20,000	3,000 – 15,000	<5,000
DQO/COT		< 2.7	2.0 – 2.7	>2.0
DBO5/DQO		>0.5	0.1 – 0.5	<0.1
AGV* (%COT)		>70	5 - 30	< 5
Metales pesados	(mg/L)	>2	2	< 2
Compuestos orgánicos		80%AGV	5-30%AGV +AH +AF	AH+AF

**Fuente:**(Renou et al. 2008).

AGV= ácidos grasos volátiles; COT=Carbono Orgánico Total; AH=Ácidos Húmicos; AF=Ácido Fúlvicos.

En la tabla 4-1, se resumen las características que presentan los lixiviados de acuerdo a la edad que tiene el relleno. En cuanto a los metales pueden estar en iones libres, o a su vez formando compuestos ya sean orgánicos e inorgánicos, cambiando las características fisicoquímicas las mismas que influyen directamente en su movilidad, disponibilidad y toxicidad (Novelo *et al.*, 2004; Montes, 2011; Irigoín y Díaz, 2018).

### ***1.2.9. Parámetros fisicoquímicos de los lixiviados***

Cuando se habla de calidad del agua ya sea para tratamientos de depuración, potabilización, vertido o cualquier otro uso, es fundamental determinar los parámetros físicos químicos haciendo uso de métodos normalizados, con el fin de conocer si los valores que arrojan se encuentran dentro de los límites permisibles.

Entre los parámetros físicos químicos se exponen los siguientes:

**Tabla 5-1:** Parámetros físico químicos de los lixiviados

Parámetros	Descripción
<i>Conductividad eléctrica</i>	Medida de la capacidad de un material para dejar pasar o dejar circular libremente la corriente eléctrica. Esta depende de la estructura atómica y molecular del material.
<i>Turbidez</i>	Medida de la pérdida de transparencia del agua, ocasionada por el material particulado en suspensión que arrastra la corriente de agua, con unidades de medida NTU
<i>Sólidos totales</i>	Materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a una temperatura entre 103°C y 105°C hasta que se evapore Bradley (2010).
<i>Sulfatos</i>	Son sales o ésteres del ácido sulfúrico, el ión sulfato es uno de los principales aniones que se encuentran en aguas naturales; Causa problemas asociados con el manejo y tratamiento de aguas residuales.
<i>Nitritos</i>	Son sales de ácido nitroso, el ion nitrito es el NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , naturalmente se forman por la oxidación de las aminas y del amoniacó, y la reducción del nitrato en ausencia de oxígeno. El nitrógeno se encuentra en 4 formas en las aguas residuales: nitrógeno orgánico, nitrito, nitrato, amonio.
<i>Nitrógeno</i>	El nitrógeno en el lodo se encuentra de forma nítrica (NNO <sub>3</sub> ), amoniacal (N-NH <sub>4</sub> ) y orgánica, siendo esta última la más abundante. dependerá de las características del lodo (relación/nitrógeno, del contenido de nitrógeno y lignina) y también de las del suelo (pH, humedad y otros minerales).
<i>Plomo</i>	El plomo y los compuestos de plomo son generalmente contaminantes tóxicos. Las sales de plomo II y los compuestos orgánicos del plomo son dañinos desde un punto de vista toxicológico.
<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	Medida aproximada de la cantidad total de materia orgánica presente en una muestra de lixiviado. El parámetro de la DQO se lo aplica para medir el grado de contaminación que existe en determinada muestra de agua, siendo sus unidades de medida en mgO <sub>2</sub> /l.
<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)</i>	Cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en el agua residual dada en unidades de mgO <sub>2</sub> /L. Generalmente en 5 días, a una temperatura de incubación de 20°C.

**Fuente:** (Irigoin Vásquez and Zaldivar Díaz, 2018; Miao *et al.*, 2019; Duchrow y Everhart, 1997).

**Realizado por:** Cedeño Gabriela, 2021.

### ***1.2.10. Contaminación de las aguas superficiales***

El lixiviado ha sido identificado como una fuente potencial de contaminación para las aguas superficiales y subterráneas, porque si el lixiviado no se recolecta, trata y finalmente elimina de manera segura, el lixiviado se infiltrará en el suelo, causando principalmente contaminación del agua (Tatsi et al. 2003). Debido a la infiltración de lixiviados del relleno sanitario, la contaminación de las aguas subterráneas puede ocurrir de una de las siguientes formas:

La adición de demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno, que no se encuentran naturalmente en las aguas subterráneas.

- El agotamiento del oxígeno disuelto.
- Contaminación por virus y bacterias.
- El aumento que se encuentra contenido en los minerales como, Cl, S<sup>2-</sup>, Na, K.
- La adición de metales pesados.
- La suma de compuestos orgánicos como (pesticidas, hidrocarburos, productos químicos industriales).

### ***1.2.11. Tratamiento de lixiviados***

#### ***1.2.11.1. Sistemas Físico químicos***

Estos sistemas están conformados por tratamientos químicos, así como, la Precipitación, Coagulación y Floculación, seguidos de una operación de separación de fases tales como la Sedimentación además de centrifugación, filtración (Sánchez, 2013,p.32). Los sistemas fisicoquímicos, en términos de capacidad de tratamiento, cumplen tiempos de retención que crean los procesos de coagulación y floculación, sin embargo, los gradientes de mezcla se deben reestablecer para permitir estos procesos se realicen (Castañeda y Rodríguez,2020: pp.76- 80).

También es necesario que se cumpla con los tiempos de retención necesarios, así mismo, debe tener una etapa antes del homogenizado que ayude a igualar los caudales y en si la misma mezcla (Rohers et al., 2021:pp. 1- 3).La filtración directa es un tratamiento físico-químico, que luego de la etapa de coagulación, el efluente pasa al filtro. Esta tecnología es prometedora en el tratamiento de lixiviados de vertederos en relación con la eliminación de color y materia orgánica (Galvão et al., 2021: pp.7- 28).

### *1.2.11.2. Sistemas de Membranas*

Estos sistemas son muy utilizados, ya que es una de las tecnologías que se ha venido desarrollando a pasos muy rápidos en la última década (Giraldo, 2001, p.50-51). Estas membranas tienen una aplicación amplia para el tratamiento de varios efluentes en las que se toma en cuenta los lixiviados que se producen en los vertederos o rellenos sanitarios (Medina, 2014, p.49). Existen varias aplicaciones que ayudan en el tratamiento de los lixiviados de forma directa o acopladas a otros tipos de tratamiento, como la microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa y la ósmosis directa. (Cuenca, 2019, p.32).

### *1.2.11.3. Sistemas Naturales*

Los sistemas naturales son alternativas que se emplean en el tratamiento de lixiviados, ya que tienen beneficios extraordinarios, en cuanto al manejo de problemas frecuentes que aparecen en otros métodos como las variaciones en cargas hidráulicas y orgánicas, la toxicidad de los microorganismos (Cuenca, 2019, p.12). Desde una perspectiva de costo de valor presente, la tecnología es muy competitiva en comparación con otras alternativas. La principal desventaja de estos sistemas es la cantidad de terreno requerido para el proceso de posicionamiento (Giraldo, 2001, pp.48-49). Sin embargo, debido a la naturaleza del diseño de los vertederos, se requieren amortiguadores visuales, de ruido y de olores, y estas áreas normalmente ubicadas alrededor de los vertederos se pueden utilizar como parte de un sistema de tratamiento natural, especialmente en el caso de los humedales (Medina, 2014, p.42).

### *1.2.12. Tratamientos físicos químicos de lixiviados*

En el caso de los lixiviados de vertedero o rellenos sanitarios que contienen una alta concentración de compuestos tóxicos, se debe introducir un método alternativo y de bajo costo para el tratamiento de los lixiviados (Hernández, 2020, pp.8-10). El método de tratamiento físico-químico es un método no biológico utilizado en el tratamiento de lixiviados como método de pretratamiento y postratamiento (Yang y Meng, 2019: pp.3-4). Sin embargo, son tratamientos que optimizan tiempo en cuanto a resultados rápidos pero no de recursos económicos debido a los altos costos de los productos empleados en el tratamiento. Cabe mencionar, que estos tratamientos requieren áreas pequeñas para su funcionamiento ya que son sensibles a las variaciones del medio en que se encuentran (Yang, y Meng, 2019: pp. 2-5).

Existen varias técnicas que se emplean para el tratamiento de los lixiviados siendo muy eficientes, pero también muy costosas es necesario destacar la técnica de la clarificación ya que permite tratar los lixiviados mediante la precipitación por la coagulación química siendo una ventaja que

ayuda al acondicionamiento del lixiviado para un tratamiento con menos complejidad y a su vez con muy bajos costos ( Vázquez y Díaz, 2018: pp.36 - 38).Debido a la gran complejidad química que tienen los lixiviados, para el tratamiento adecuado se aplican una combinación de varias tecnologías, en la tabla 6-1 se muestran las tecnologías disponibles(Sánchez, 2013,p.33).

**Tabla 6-1:** Tecnologías para el tratamiento de los lixiviados

Tratamientos térmicos	Tratamientos Biológicos	Tecnologías de Membranas	Tratamientos Físico-Químicos
Secado	Fangos Activos	Osmosis inversa	<i>Stripping</i> amoniaco
Evaporación	Lechos Bacterianos	Osmosis Directas	Carbón Activo
Evapocondensación	Biodiscos	Filtración	Procesos de oxidación
	Lagunaje	Ultrafiltración	Coagulación- Floculación

Fuente: (Cárdenas, 2013).

### 1.2.13. Etapas del tratamiento fisicoquímico

#### 1.2.13.1. Coagulación

La coagulación es un proceso de eliminación de compuestos orgánicos no biodegradables y metales pesados de los lixiviados mediante la adición de coagulantes (Diamadopoulos, 1994,p.2536). La mayoría de las partículas coloidales tienen carga negativa, para maximizar la neutralización, los coagulantes reducen los efectos de repulsión eléctrica entre las partículas a fin de que se unan para la precipitación(Sánchez, 2013,p.39). Los coagulantes pueden ser sulfato de aluminio, sulfato ferroso, cloruro férrico o cloro sulfato férrico. Según los resultados de algunos experimentos, la eliminación de la DQO de este método oscila entre el 30% y el 86%, y la eliminación de metales pesados entre el 74% y el 98% (Schiopu y Gavrilescu, 2010).

#### 1.2.13.2. Floculación

Según Sánchez (2013,pp.42-43),la floculación es el proceso que se da después de la coagulación, aquí en este proceso existe la aglomeración de las partículas neutralizadas llevándolas a un tamaño mucho mayor. Así mismo, se debe aplicar un agente floculante para después agitarlo de manera lenta. Para que se dé el proceso de floculación existe dos mecanismos en que las partículas entran en contacto entre sí.

- Movimiento de la partícula aquí la floculación se produce de manera natural y lenta.
- Movimiento del fluido donde la floculación ocurre de manera ortocinética.

### *1.2.13.3. Decantación – Flotación*

En esta última etapa ocurre la separación de los sólidos, que se forman de la fase acuosa que precipitan y estos a su vez son retirados mediante filtración, decantación o flotación (Irigoin y Zaldivar, 2018: pp. 17-19). La eliminación de los residuos sólidos de las aguas residuales se da mediante la flotación. De tal manera que, se debe aplicar productos químicos que ayuden a la formación de flóculos y a su vez exista el fenómeno de flotación en el cual se eliminan carga orgánica. Debido al avance de este tratamiento de clarificación se ha implementado el proceso de flotación por aire disuelto que elimina por flotación cuyos sólidos que sean de mayor densidad que el agua que los contiene. Al encontrarse los espesadores por flotación, en el agua saturada en aire, no se descomponen fácilmente (Cuenca, 2019, p.19).

### *1.2.14. Teoría de la coagulación*

Las partículas que se encuentran suspendidas en el agua superficial, son producto de la desintegración de sustancias orgánicas, de las sales minerales disueltas y también de las descargas del ser humano (Morales, 2019: pp.40-42). Es así, que la turbidez del agua es producida por partículas, de materia orgánica y los hidróxidos de metal, las cuales tienen cargas eléctricas negativas y positivas (Santamaría, 2019: pp.24-25). Es así que se genera un distanciamiento entre las partículas que se mantienen suspendidas y separadas en el agua. Por consiguiente, se puede decir que la principal causa de que no sedimenten las partículas se deben a sus cargas repelentes (Fernández y Herrera, 2018: pp. 34-35).

Por otra parte se forma el sistema de coloides que no es más que el conjunto de varias partículas, formadas por dos capas de iones, sometidos potencialmente en la superficie inferior del doble lecho, que se lo denomina potencial Z (Arias y Valdivieso, 2018: pp.2-6). La coagulación trae consigo problemas que consisten en reducir el potencial aplicando los métodos que se muestran a continuación:

- Coagulación por neutralización de la carga.
- Coagulación por disminución del espesor de la doble capa (distancia  $d$ ).

Pues los fenómenos que desestabilizan las partículas se dan por varias reacciones químicas que tienden a ser complicadas, dentro de estas reacciones están las que producen varias formas de alcalinidad. Además, algunas de estas reacciones generan el dióxido de carbono incrementando la acidez del agua y por consiguiente reduce el potencial de hidrogeno (Astorga, 2018, p.41).

### ***1.2.15. Factores que influyen en la coagulación***

De acuerdo con Fernández y Herrera (2018: pp.29 - 30), el proceso de coagulación se da por varios factores que optimizan el proceso, los cuales son el pH, la agitación rápida de la mezcla, tipo y cantidad de coagulante, los mismos que determinan las condiciones óptimas de manipulación de los ensayos a realizar.

- *El pH.* - es muy importante ya que es un punto clave que define el desarrollo del proceso. Existiendo un margen en que trabajan los electrolitos y fuera del cual el producto no se aprovecha llevando a disminuir el rendimiento del proceso. Sin embargo, para lograr mejorar los márgenes de trabajo es preciso colocar cal, sosa cáustica para lograr corregir el margen de trabajo.
- *El movimiento rápido de la mezcla.* - permite que se homogenicen los reactivos antes de la formación de los coágulos. Así mismo se debe tener en cuenta el tiempo en que se forma el coágulo ya que es muy corto, siendo necesario su homogeneización con la utilización de equipos mecánicos como la prueba de jarras.
- *Tipo y cantidad de coagulante.* - tiene una influencia de manera directa en cuanto a la eficiencia en el proceso de coagulación. De tal manera que, si se utiliza muy pequeñas dosis no hay una neutralización de la carga de la partícula, existe una mínima formación de flóculos y la turbiedad del agua se encuentra elevada.

### ***1.2.16. Factores que influyen en la floculación***

De acuerdo con Sánchez, (2013,p.43) para que el proceso de floculación se dé eficientemente se utiliza floculantes que reúnen las partículas que se encuentran de manera individual juntándolas y mejorando la calidad de los flóculos, haciéndolos mucho más grandes y pesados, para su precipitación.

En este proceso influyen factores que determinan las condiciones en que se deben operar los ensayos.

- *Coagulación previa.* -La coagulación debe ser lo más perfecta posible, utilizando la dosis adecuada de coagulante, con un pH, óptimo y con agitación rápida.
- *Agitación lenta y homogénea.* - La floculación se la realiza agitando lentamente la solución haciendo que los flóculos se una uniformemente. De tal manera que se evita el rompimiento de los flóculos que se encuentra formados.
- *Temperatura del agua.* -La variación de la temperatura es importante ya que tiene una influencia directa en cuanto a la disminución y aumento de la misma, de tal manera que la coagulación requiere un tiempo mayor para que se formen los flóculos. Sin embargo, sí está temperatura se aumenta no es nada favorable para el proceso de coagulación.

- *Característica del medio acuoso.* -Una muestra de cualquier líquido como aguas residuales o lixiviados con poca turbidez coloidal hace que el proceso de floculación sea mucho más complicado.

### 1.2.17. Pruebas de Jarras

La prueba de jarra es un equipo, que está constituido por un arreglo de vasos de precipitado, con paletas, sujetas a condiciones hidráulicas semejantes,(Fúquene y Yate, 2018:pp.1- 4). Por lo cual, permite medir dosis óptimas de reactivos en los procesos de coagulación y floculación, mediante una simulación comparando varias combinaciones al mismo tiempo, estas pruebas se realizan en el tratamiento de clarificación de aguas ya sean de consumo o residuales(Rubio y Saravia, 2020: pp.8-9 ).Por lo tanto estas pruebas se dan a escala laboratorio, donde se ajusta los gradientes de velocidad para la floculación y tiempo de mezclado rápido y mezclado lento. Siendo así que las pruebas de jarras son las que mayor relevancia tienen al momento de ser utilizadas frente a otros métodos de ensayo(Rubio y Saravia, 2020: pp.8-9 ).En la figura 3, se muestra el equipo pruebas de jarras y como está constituido.

- Mezcla rápida. -Suministra energía para que el coagulante y floculante se mezclen uniformemente.
- Mezcla lenta. -Se encarga de unir a las partículas coloidales formando floculos de diferentes tamaños.



**Figura 3-1:** Pruebas de jarras

Realizado por: Cedeño Gabriela,202

### *1.2.18. Normativa Vigente*

La normativa vigente en el Ecuador es el texto unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiental, TULSMA LIBRO VI, ANEXO 1, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA, TABLA 9, donde se encuentran determinados los límites máximos permisibles de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce. Esta normativa regula las cargas máximas permisible a los cuerpos receptores, donde los municipios son los encargados de definirlas y deben estar justificadas técnicamente.

Así mismo estas cargas máximas deben ser aprobadas y a su vez validadas por el ente regulador que es la Autoridad Ambiental Nacional. Sin embargo cuando no existe un estudio del cuerpo receptor que en este caso es el lugar de descarga de los efluentes, es necesario utilizar la tabla 9 donde se plantea varios parámetros permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce con la garantía de la Autoridad Ambiental competente(MAE, 2015, p. 22).De tal manera que todos los lixiviados que se produzcan en botaderos o relleno sanitarios deben cumplir con la normativa establecidas del criterio de calidad dependiendo el cuerpo receptor, es decir la fuente que va a recibir las descargas de estos efluentes. También los límites máximos permisibles para estas descargas de lixiviados a cuerpos de aguas, deberán cumplir con la normativa ambiental emitidas para este caso(MAE, 2015, p. 23).

#### *1.2.18.1. Valores máximos admisibles y límites máximos permisibles*

Los límites permisibles en esta investigación se tomaron de la tabla 9, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del TULSMA LIBRO VI, ANEXO 1, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA. Los cuales se detallan en la tabla 7-1, dando a conocer los parámetros, unidades, siglas en que vienen expresados y los límites permisibles que se deben cumplir antes de evacuar efluentes a un cuerpo receptor de agua dulce.

**Tabla 7-1:** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sust.solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	Bo	mg/l	2,0
Cadmio	Ca	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliforme Fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	50,0

Compuestos				
Organoclorados	Organoclorados totales		mg/l	0,05
Plata	Ag		mg/l	0,1
Plomo	Pb		mg/l	0,2
Potencial de Hidrogeno	pH			6 – 9
Selenio	Se		mg/l	0,1
Sólidos suspendidos totales	SST		mg/l	130
Sólidos totales	ST		mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>		mg/l	0,5
Temperatura	°C			Condición natural +-3
Tensoactivo	Sustancias activas al azul de metileno		mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono		mg/l	1,0

\*El color se estima sobre 10cm de muestra diluida.

Fuente:(MAE 2015).

Las aguas residuales que no cumplan con estos parámetros o que estén fuera de los límites permisibles deben ser tratadas adecuadamente sin importar su origen si es público o privado. La normativa prohíbe evacuar estos líquidos a fuentes receptoras sin antes realizar un previo tratamiento(MAE, 2015, p.25).

#### *1.2.18.2. Normativa empleada para el muestreo*

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:98 de Agua Calidad del agua, Muestreo, Técnicas de muestreo, da a conocer guías que deben ser usadas para la obtención de datos en los estudios de control de la calidad del agua natural, aguas que contengan algún tipo de contaminación y aguas residuales para su respectiva caracterización. Siendo así que esta norma solo se aplica a las técnicas de muestreo general(NTE, 2013,p.3).

#### *1.2.18.3. Normativa empleada para la conservación y transporte de la muestra*

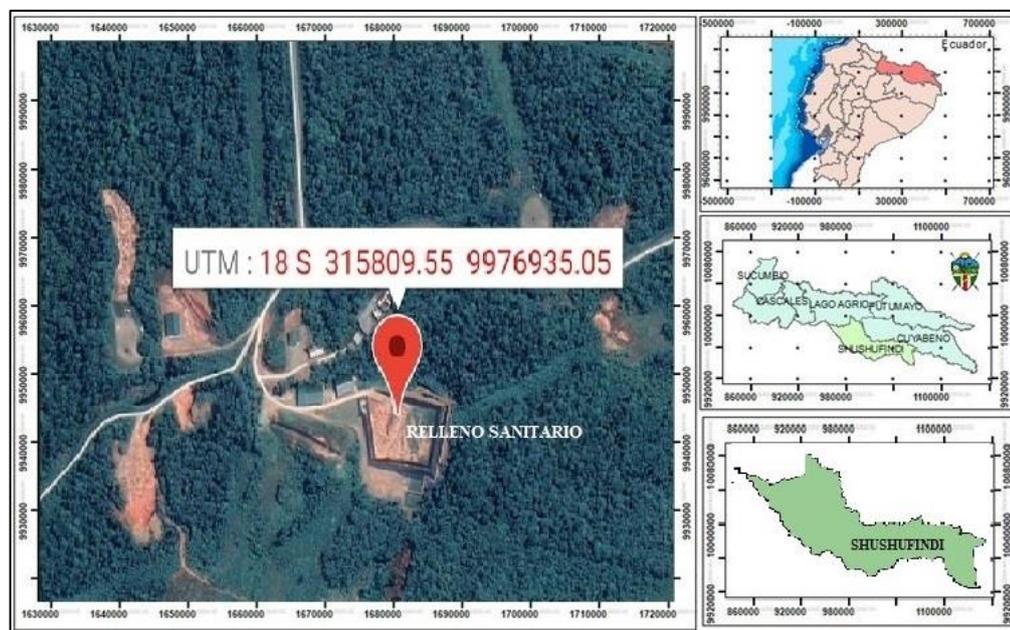
Para la recolección de muestras de los lixiviados se debe tomar en cuenta la normativa INEN 2169, Agua. Calidad del agua, Muestreo manejo y Conservación de Muestras. Donde se establecen las técnicas y las precauciones que se deben tomar para la recolección, conservación y transporte de todo tipo de muestra de aguas. Esta normativa es aplicada cuando se tiene una muestra simple o compuesta, y no pueden ser analizadas en el campo, siendo necesario su traslado a un laboratorio(INEN, 2013: pp.1 - 15).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Área de estudio

El relleno sanitario del Cantón Shushufindi, se encuentra ubicado en la región amazónica de la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi, a 5km fuera del casco urbano de la ciudad, en la vía Limoncocha. Su funcionamiento está a cargo del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón. Cuenta con una superficie de 11,82 ha. Sus coordenadas geográficas son: longitud  $-76^{\circ} 39' 18.187''$  y latitud  $0^{\circ} 12' 29.64''$ .



**Figura 4-2:** Área de estudio

Realizado por: Cedeño, Gabriela, 2022.

#### 2.2. Tipo y diseño de investigación

En este trabajo de integración Curricular de tipo experimental y correlacional, debido a la variación de las concentraciones de coagulantes y floculantes utilizados para determinar las dosis óptimas de los productos químicos y evaluar la eficiencia del método de tratamiento.

### 2.2.1. Diseño de la investigación

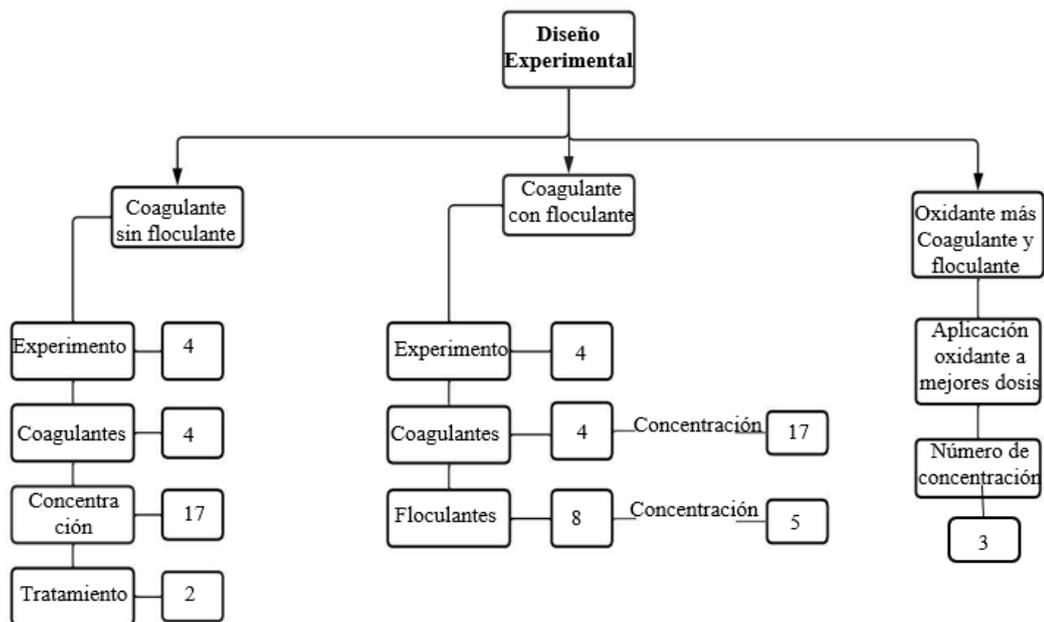
El trabajo es experimental, ya que se realiza una investigación por medio de la cual se pretende demostrar mediante el análisis de resultados cómo varios factores y sus variaciones interactúan con las muestras permitiendo la clarificación o no de los lixiviados.



**Gráfica 1- 2:** Diagrama de flujo del diseño de la investigación

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

El diseño experimental es de tipo factorial puesto que se consigue identificar los efectos que tienen los coagulantes, floculantes y el oxidante utilizado en los distintos tratamientos para la clarificación de los lixiviados. Además, este diseño permite mostrar la posible interacción entre los factores manipulados.



**Gráfica 2-2:** Diseño factorial inicial del tratamiento experimental

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

### 2.3. Metodología

Se inició con la búsqueda y recopilación de información bibliográfica, donde se incluye las técnicas de muestreos, métodos de tratamientos de Lixiviados y la Normativa vigente aplicable para la evacuación de los lixiviados a un cuerpo de agua dulce. A continuación, se procedió con la toma de la muestra inicial del lixiviado directamente en el relleno sanitario, esta muestra fue trasladada al laboratorio de la planta de agua la Fortuna del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Shushufindi. Donde se realizó los análisis Físico-Químicos respectivos, para la caracterización de los lixiviados, tomando en cuenta los principales parámetros, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, tabla 9, Libro VI, Anexo 1.

El siguiente procedimiento, fue la realización IN SITU de las pruebas preliminares de Jarras, para los químicos coagulantes y floculantes, estas pruebas permitieron determinar las concentraciones óptimas de trabajo de los productos con este tipo de lixiviado. Con las muestras seleccionadas de coagulantes y floculantes, se procedió a replicarlas en el laboratorio, procediendo con las repeticiones necesarias hasta llegar a obtener los resultados requeridos.

La validación del método de tratamiento químico de los lixiviados, se realizó mediante la caracterización final de los parámetros más representativos para este tipo de muestras, como son; la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), la presencia de metales pesados tales como; Bario (Ba), Cadmio (Cd), níquel (Ni), Potencial de Hidrogeno pH, Temperatura °C, y la Turbidez. Los valores obtenidos de estos parámetros fueron cotejados

con los valores que se encuentran en la tabla 9. Límites de descargas de efluentes a cuerpo de agua dulce del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

## **2.4. Métodos y técnicas**

### **2.4.1. Métodos**

El estudio propuesto es de carácter experimental e investigativo, con el objetivo de llegar a determinar las concentraciones óptimas en que trabajan los productos químicos coagulantes y floculantes para el tratamiento de clarificación de los lixiviados del relleno sanitario del cantón Shushufindi.

#### *2.4.1.1. Enfoque Cualitativo y Enfoque Cuantitativo*

La investigación se desarrolló con un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, es decir mixta. Lo que nos permite realizar una comparación estadística, entre los parámetros Físico Químicos obtenidos iniciales del lixiviado y los datos obtenidos luego del proceso de clarificación, con los químicos coagulantes y floculantes.

#### *2.4.1.2. Método Deductivo*

El método deductivo se utilizó para determinar, las concentraciones óptimas de los químicos coagulante y floculante. La clarificación se fundamenta en los procesos de coagulación, floculación y precipitación, que son importantes para la eliminación de carga orgánica y la presencia de contaminantes inorgánicos, para ser evacuadas a un cuerpo de agua dulce.

Para validar los datos obtenidos en el laboratorio, se tomaron muestras después de la aplicación del método de clarificación y se envió a realizar análisis a un laboratorio certificado.

#### *2.4.1.3. Método Experimental*

El método fue experimental, debido a que el levantamiento de datos se realizó tanto en campo como en el laboratorio, desde el inicio de la toma de muestra, la aplicación del método de clarificación por tratamiento químico, hasta la validación de los datos obtenidos. De tal manera que este método es muy importante ya que ayuda a demostrar las teorías y conclusiones que conlleva un proceso experimental, con la finalidad de dar a conocer los resultados requeridos.

## 2.4.2. Técnicas

### 2.4.2.1. Técnica empleada para el muestreo de los lixiviados

Para la toma de muestra de los lixiviados se realizó los siguientes pasos (INEN 2013):

- Verificar el punto de recolección del lixiviado.
- Colocarse el equipo de protección personal y bioseguridad.
- Homogenizar los envases con una cierta cantidad de lixiviado a muestrear.
- Tomar la muestra con el recipiente a la profundidad seleccionada.
- Una vez obtenida la muestra se proceder a cerrar el envase.
- Se procede a colocar los datos que debe contener la muestra como etiquetas, con hora, fecha y lugar.
- Llenar la hoja, de custodia para el traslado de la muestra.

En la tabla 1-2, se da a conocer los materiales, equipos utilizados para la toma de la muestra.

**Tabla 8-2:** Materiales y equipos para la toma de muestra

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Gafas</li><li>• Guantes</li><li>• Arnés</li><li>• Soga</li><li>• Mascarilla</li><li>• Overol de plástico</li><li>• Zapatos de seguridad o botas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Balde con medida</li><li>• Galones de 20l</li><li>• Botellas de vidrio 1l</li><li>• Etiquetas</li><li>• Cooler</li><li>• Hielo</li><li>• Embudo</li></ul>

Fuente: (INEN 2013).

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

### 2.4.2.2. Técnica empleada para la caracterización de los Lixiviados.

La caracterización de los análisis físicos-químicos del lixiviado, se los realizó en el laboratorio de la Planta de Agua la Fortuna, del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Shushufindi. Las técnicas, métodos y parámetros empleados para la caracterización de los lixiviados se adjuntan en la tabla 2-2. Para la aplicación del método de clarificación por tratamiento químico, utilizando coagulantes y floculantes, se consideraron los principales parámetros de la normativa TULSMA LIBRO VI, ANEXO I, TABLA 9, donde se establecen los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

**Tabla 9-2:** Métodos y técnicas empleados para la caracterización de los lixiviados

Parámetro	Método	Técnica
pH	SM 4500-H+ B, y colorimétrico	ITE – AQLAB - 01
Turbiedad	Nefelométrico	Turbidimetría
DQO	HACH, Método 8000	Espectrofotometría
DBO5	ITE08/SM5210 D	Respirometría
Fluoruros	HACH, Método 8029	Espectrofotometría
Sulfatos	HACH, Método 8051	Espectrofotometría
Sulfuro	HACH, Método 8131	Espectrofotometría
Sólidos totales	Gravimétrico	Gravimétrico
Alcalinidad	volumetría	Titulación con ácido sulfúrico
Dureza Cálrica	Volumetría	Titulación con EDTA
Cloruros	Volumetría	Titulación con nitrato de plata
Aceites y grasas	Extracción líquido -líquido	----
Cianuro	HACH, Método 8027	Espectrofotometría
Boro	HACH, Método 8015	Espectrofotometría
Bario	ITE 34/SM 3030 B,3111D	Espectrofotometría de absorción atómica
Níquel	ITE 33/SM 3030 B,3111 B	Espectrofotometría de absorción atómica
Cadmio	ITE 33/SM 3030 B,3111 B	Espectrofotometría de absorción atómica
Fosforo total	HACH, Método 8190	Espectrofotometría
Cinc	HACH, Método 8009	Espectrofotometría

Fuente:(HACH COMPANY, 2000; AQLAB, 2019).

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

#### 2.4.2.3. Determinación de dosis óptima de coagulante

Para la determinación de la dosis óptima de clarificación del Lixiviado, se realizó pruebas de jarras(Fundación de salud, 2013,p.75), tanto en el campo como en el laboratorio. Para el desarrollo de estas pruebas, se utilizó cuatro químicos como coagulantes, de los cuales dos son metálicos (Sulfato de Aluminio, y Policloruro de Aluminio) y dos orgánicos (Poliamida y Polidadmac), y ocho químicos como floculantes, seis aniónicos, un catiónico y uno no iónico. Se prepararon soluciones al 0.1% y al 1% respectivamente para los coagulantes y al 0.1% de los floculantes los que se presentan en la tabla 3-2. Para cada combinación de coagulantes y floculantes se realizaron

ensayos con dosis 30 a 1500ppm (30,100,250,300,400,500,800,1000,1200 y 1500 ppm) para los coagulantes, y para los polímeros de 1 a 10 ppm (1,2,3,4,6,10 ppm). Cada ensayo de campo consistió en la realización de cuatro grupos con cinco repeticiones cada una hasta ir encontrando las dosis óptimas en que trabajan los coagulantes y floculantes.

**Tabla 10-2:** Tipos de polímeros utilizados en la floculación

<b>Polímero</b>	<b>Tipo</b>
Floculante 1	Aniónico, Alta carga, Muy alto peso.
Floculante 2	No iónico, muy alto peso.
Floculante 3	Aniónico, Baja carga, Muy alto peso.
Floculante 4	Aniónico, Media carga, Muy alto peso.
Floculante 5	Aniónico, Media carga, Muy alto peso.
Floculante 6	Aniónico, Alta carga, Muy alto peso.
Floculante 7	Aniónico, Alta carga, Muy alto peso.
Floculante 8	Catiónico, baja carga, alto peso.

Fuente:(SUMILAN.SA, 2021).

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

Una vez que se obtuvieron las dosis con mejores resultados, se procedió a realizar los ensayos en el laboratorio con los coagulantes Sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) y Policloruro de Aluminio ( $Al_2(OH)_3Cl$ ), y con los polímeros de tipo aniónicos y un catiónico 5 ,7 y 8, ver tabla 4-2, más una concentración de 50ppm de oxidación, que dieron buenos resultados en la prueba de campo. La coagulación se realizó con el equipo prueba de jarras mediante una mezcla rápida de 60 revoluciones por minuto (rpm) durante 3 minutos, posteriormente se realizó la floculación bajando a 40 rpm por 3 minutos. El tiempo de sedimentación fue de 10 minutos para cada tratamiento. Una vez se obtenidos los mejores resultados con la aplicación de coagulantes y floculantes se escogieron las mejores concentraciones con las cuales previo tratamiento se realizó un proceso de oxidación con ayuda de Hipoclorito de Sodio durante 10 minutos.

**Tabla 11-2:** Polímeros utilizados en las pruebas finales

<b>Polímero</b>	<b>Tipo</b>
<b>Floculante 5</b>	Aniónico, Media carga, Muy alto peso.
<b>Floculante 7</b>	Aniónico, Alta carga, Muy alto peso.
<b>Floculante 8</b>	Catiónico, baja carga, alto peso.

Fuente:(SUMILAN.SA, 2021).

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

## 2.5. Datos Experimentales

### 2.5.1. Pruebas experimentales con Sulfato de Aluminio

**Tabla 12-2:** Experimentación con Sulfato de Aluminio sin floculante

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
Sulfato de Aluminio	30	2	lenta	mínima	no	68,3	Visible
		2	lenta	mínima	no	67,4	Visible
Sulfato de Aluminio	40	2	lenta	mínima	no	68,4	Visible
		2	lenta	mínima	no	66,2	Visible
Sulfato de Aluminio	60	2	lenta	mínima	no	67,4	Visible
		3	lenta	mínima	no	65,2	Visible
Sulfato de Aluminio	80	3	lenta	mediana	no	67,34	Visible
		1	lenta	mediana	no	66,21	Visible
Sulfato de Aluminio	100	1	lenta	no	no	66,8	Visible
		1	lenta	mínima	no	69,6	Visible
Sulfato de Aluminio	150	2	lenta	mínima	no	43,2	Visible
		2	lenta	mínima	no	32,8	Visible
Sulfato de Aluminio	200	2	lenta	mínima	no	32,4	Visible
		2	rápida	mínima	no	28,4	Visible
Sulfato de Aluminio	250	2	lenta	mínima	no	16,8	Visible
		2	rápida	mediana	no	12,8	Visible
Sulfato de Aluminio	300	3	rápida	mínima	no	16,7	Visible
		3	rápida	mínima	no	18,8	Visible
Sulfato de Aluminio	400	4	rápida	muy mínima	si	21,3	disperso
		4	rápida	muy mínima	si	21,3	disperso
Sulfato de Aluminio	500	5	rápida	mínima	si	6,2	disperso
		5	rápida	mínima	si	6,8	disperso
Sulfato de Aluminio	600	4	rápida	mínima	si	6,5	disperso
		4	rápida	mínima	si	6,9	disperso
Sulfato de Aluminio	700	6	rápida	mínima	si	5,8	claro
		6	rápida	mínima	si	5,9	claro
Sulfato de Aluminio	800	6	rápida	mínima	si	5,4	claro
		6	rápida	mínima	si	5,5	claro
Sulfato de Aluminio	1000	8	rápida	no	si	4,6	bueno
		8	rápida	no	si	4,7	bueno
Sulfato de Aluminio	1200	10	rápida	no	si	4,4	excelente
		10	rápida	no	si	4,3	excelente
Sulfato de Aluminio	1500	10	rápida	no	si	4,4	excelente
		10	rápida	no	si	4,4	excelente

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

2.5.2. Pruebas experimentales con poliamida.

Tabla 13-2: Experimentación con Poliamida sin floculante

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
Poliamida	30	0	lenta	muy mínima	no	38,7	floc coloidal
		0	lenta	muy mínima	no	39,5	floc coloidal
Poliamida	40	0	lenta	muy mínima	no	39,4	floc coloidal
		0	lenta	muy mínima	no	38,6	floc coloidal
Poliamida	60	2	lenta	muy mínima	no	35,4	Visible
		2	lenta	muy mínima	no	36,3	Visible
Poliamida	80	2	lenta	muy mínima	no	32,2	Visible
		2	lenta	muy mínima	no	33,3	Visible
Poliamida	100	1	lenta	mínima	no	29,7	Visible
		1	lenta	mínima	no	28,7	Visible
Poliamida	150	1	lenta	mínima	no	13,2	Visible
		1	lenta	mínima	no	7,7	Visible
Poliamida	200	2	lenta	mínima	no	10,4	Visible
		2	rápida	mínima	no	6,8	Visible
Poliamida	250	2	rápida	mínima	no	8,7	Visible
		2	rápida	mínima	no	6,6	Visible
Poliamida	300	3	lenta	mínima	no	6,5	Visible
		3	lenta	mínima	no	5,5	Visible
Poliamida	400	2	rápida	mínima	no	6,3	Visible
		2	rápida	mínima	no	6,7	Visible
Poliamida	500	0	ninguna	no	no	44,2	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	46,3	floc coloidal
Poliamida	600	0	ninguna	no	no	51,2	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	51,3	floc coloidal
Poliamida	700	0	ninguna	no	no	53,2	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	54,3	floc coloidal
Poliamida	800	0	ninguna	no	no	53,1	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	53,3	floc coloidal
Poliamida	1000	0	ninguna	no	no	54,2	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	55,3	floc coloidal
Poliamida	1200	0	ninguna	no	no	51,2	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	52,2	floc coloidal
Poliamida	1500	0	ninguna	no	no	53,2	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	53,4	floc coloidal

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

### 2.5.3. Pruebas experimentales con Polidadmac

**Tabla 14-2:** Experimentación con poliamida sin floculantes

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
Polidadmac	30	1	lenta	mínima	no	28,4	floc coloidal
		1	lenta	mínima	no	26,5	floc coloidal
Polidadmac	40	1	lenta	mínima	no	27,1	floc coloidal
		1	lenta	mínima	no	27,5	floc coloidal
Polidadmac	60	2	lenta	mínima	no	26,5	Visible
		2	lenta	mínima	no	28,2	Visible
Polidadmac	80	2	rápida	mediana	no	25,2	Visible
		2	rápida	mediana	no	24,5	Visible
Polidadmac	100	2	lenta	no	no	23,1	Visible
		2	lenta	mínima	mínima	20,1	Visible
Polidadmac	150	2	rápida	mínima	no	14,2	Visible
		2	lenta	mínima	no	14,6	Visible
Polidadmac	200	2	rápida	mínima	mínima	10,2	Visible
		2	rápida	rápida	no	8,5	Visible
Polidadmac	250	2	lenta	mínima	no	8,5	Visible
		2	lenta	mínima	no	8,7	Visible
Polidadmac	300	3	rápida	mínima	mínima	6,5	Visible
		3	rápida	mínima	mínima	6,2	Visible
Polidadmac	400	2	ninguna	ninguna	no	4,1	Visible
		2	ninguna	ninguna	no	5,2	Visible
Polidadmac	500	4	mínima	mediana	mínima	4,4	disperso
		4	mínima	mediana	mínima	4,2	disperso
Polidadmac	600	3	mínima	mediana	mínima	4,4	Visible
		3	mínima	mediana	mínima	4,6	Visible
Polidadmac	700	0	ninguna	no	no	8,2	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	7,5	floc coloidal
Polidadmac	800	0	ninguna	no	no	6,5	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	6,2	floc coloidal
Polidadmac	1000	0	ninguna	no	no	12,3	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	11	floc coloidal
Polidadmac	1200	0	ninguna	no	no	16,7	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	16,9	floc coloidal
Polidadmac	1500	0	ninguna	no	no	23,4	floc coloidal
		0	ninguna	no	no	24,5	floc coloidal

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

#### 2.5.4. Pruebas experimentales con Policloruro de Aluminio

**Tabla 15-2:** Experimentación con Policloruro de Aluminio sin floculante

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
Policloruro de Aluminio	30	2	lenta	mínima	no	43,3	Visible
		2	lenta	mínima	no	43,4	Visible
Policloruro de Aluminio	40	2	lenta	mínima	no	44,5	Visible
		2	lenta	mínima	no	45,3	Visible
Policloruro de Aluminio	60	2	lenta	mínima	no	36,7	Visible
		2	lenta	mínima	no	35,3	Visible
Policloruro de Aluminio	80	2	lenta	mediana	no	28,9	Visible
		2	lenta	mediana	no	27	Visible
Policloruro de Aluminio	100	2	lenta	no	no	24,4	Visible
		2	lenta	mínima	no	22,5	Visible
Policloruro de Aluminio	150	2	rápida	mínima	no	16,7	Visible
		2	rápida	mínima	no	10,7	Visible
Policloruro de Aluminio	200	2	rápida	mínima	no	12,4	Visible
		3	rápida	rápida	no	8,6	Visible
Policloruro de Aluminio	250	2	lenta	mínima	no	11,9	Visible
		3	rápida	mediana	no	11,3	Visible
Policloruro de Aluminio	300	3	lenta	mínima	no	10,2	Visible
		3	rápida	mediana	no	9,1	Visible
Policloruro de Aluminio	400	4	rápida	mediana	no	6,1	disperso
		4	rápida	mediana	no	5,2	disperso
Policloruro de Aluminio	500	4	rápida	mediana	no	5,4	disperso
		4	rápida	mediana	no	5	disperso
Policloruro de Aluminio	600	3	rápida	mínima	no	5,8	Visible
		3	rápida	mínima	no	4,5	Visible
Policloruro de Aluminio	700	3	rápida	mínima	si	5,6	Visible
		3	ninguna	mínima	si	5,2	Visible
Policloruro de Aluminio	800	4	rápida	mínima	si	4,7	disperso
		4	ninguna	mínima	si	6,2	disperso
Policloruro de Aluminio	1000	6	rápida	no	si	3,8	claro
		6	rápida	no	si	3,5	claro
Policloruro de Aluminio	1200	8	rápida	no	si	3,2	bueno
		8	ninguna	no	no	3,3	bueno
Policloruro de Aluminio	1500	8	ninguna	no	no	3	bueno
		8	ninguna	no	no	2,9	bueno

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

### 2.5.5. Pruebas experimentales con Sulfato de aluminio y floculantes

**Tabla 16-2:** Experimentación Sulfato de Aluminio y floculantes aniónicos

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
Sulfato de Aluminio + floculante 1	100+0,5	1	lenta	mínima	mínima	29,8	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 1	150 +1	1	lenta	mínima	mínima	26,4	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 1	200 +2	2	lenta	mínima	mínima	24,3	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 1	250 +3	1	lenta	mínima	mínima	22,2	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 1	300 +4	2	lenta	mínima	mínima	20,1	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 1	400 +2	2	rápida	mínima	si	14,18	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 1	500 +2	6	muy rápida	si	si	10,5	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 2	400 +2	0	no	no	no	52,8	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 3	400 +2	2	rápida	mínima	si	24,6	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 4	400 +2	2	rápida	mínima	si	9,3	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 5	400 +2	2	rápida	mínima	si	21,5	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 5	500 +2	3	rápida	si	si	11,6	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 5	1200 +1	6	rápida	si	si	2,65	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 5	1200 +2	6	rápida	si	si	2,97	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 6	400 +2	2	rápida	mínima	si	14,6	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 6	500 +2	6	rápida	si	si	8,4	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 7	400 +2	0	no	no	no	6,6	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 7	500 +2	2	lenta	si	si	8,8	Visible

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

**Tabla 17-2:** Experimentación con Sulfato de Aluminio y floculantes aniónico y catiónico

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
Sulfato de Aluminio + floculante 7	1200 +1	6	rápida	si	si	2,71	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 7	1200 +2	6	rápida	si	si	2,4	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 8	400 +2	3	rápida	mínima	si	11	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 8	500 +1	6	rápida	si	si	8,5	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 8	500 +2	2	lenta	no	si	6,9	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 8	500 +4	4	lenta	si	si	7,8	disperso
Sulfato de Aluminio + floculante 8	500 +6	1	lenta	si	si	5,6	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 8	700+6	2	lenta	no	si	9,8	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 8	800 +1	6	rápida	si	si	6,3	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 8	800 +2	2	rápida	si	si	5,5	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 8	800+4	8	rápida	si	si	5,7	bueno
Sulfato de Aluminio + floculante 8	800+6	2	rápida	si	si	4,5	Visible
Sulfato de Aluminio + floculante 8	1200+1	6	lenta	si	si	8,7	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 8	1200+2	0	lenta	si	no	4,5	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 8	1200+4	8	rápida	si	si	4,4	bueno
Sulfato de Aluminio + floculante 8	1200+6	0	rápida	si	si	5	floc coloidal
Sulfato de Aluminio + floculante 8	1500+1	8	rápida	si	si	5,3	bueno
Sulfato de Aluminio + floculante 8	1500+2	6	rápida	si	si	4,1	claro
Sulfato de Aluminio + floculante 8	1500+4	6	rápida	si	si	4,7	claro

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

### 2.5.6. Pruebas experimentales con Poliamida y floculantes

**Tabla 18-2:** Experimentación con Poliamida y floculantes

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
<b>Poliamida + floculante 1</b>	300 +4	1	lenta	mínima	no	3,6	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 1</b>	320 +0,5	1	lenta	mínima	no	3,2	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 1</b>	340 +1	1	lenta	mínima	no	4,4	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 1</b>	360 +2	1	lenta	mínima	no	3,8	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 1</b>	380+2	1	lenta	mínima	no	4,9	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 1</b>	400 +2	0	lenta	mínima	no	1,9	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 1</b>	400 +4	1	lenta	mínima	no	2,1	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 2</b>	150+0,5	2	rápida	mínima	mínima	9,5	Visible
<b>Poliamida + floculante 2</b>	150+1	2	rápida	mínima	mínima	9,8	Visible
<b>Poliamida + floculante 2</b>	150+2	2	rápida	si	mínima	11,2	Visible
<b>Poliamida + floculante 2</b>	150+3	2	lenta	mínima	mínima	10,4	Visible
<b>Poliamida + floculante 2</b>	150+4	2	lenta	no	mínima	9,8	Visible
<b>Poliamida + floculante 2</b>	300 + 4	2	lenta	no	mínima	4,9	Visible
<b>Poliamida + floculante 3</b>	150+0,5	2	rápida	si	mínima	11,2	Visible
<b>Poliamida + floculante 3</b>	150+1	3	rápida	si	mínima	10,6	Visible
<b>Poliamida + floculante 3</b>	150+2	2	lenta	mínima	mínima	10,4	Visible
<b>Poliamida + floculante 3</b>	150+3	1	lenta	mínima	mínima	11,3	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 3</b>	150+4	1	lenta	mínima	mínima	12,2	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 3</b>	300 + 4	2	lenta	mínima	mínima	5,1	Visible
<b>Poliamida + floculante 4</b>	150+0,5	3	rápida	si	mínima	8,4	Visible
<b>Poliamida + floculante 4</b>	150+0,1	2	lenta	mínima	mínima	8,2	Visible
<b>Poliamida + floculante 4</b>	150+2	1	lenta	mínima	mínima	7,9	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 4</b>	150+3	1	lenta	mínima	mínima	7,5	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 4</b>	150+4	2	lenta	mínima	mínima	7,2	Visible
<b>Poliamida + floculante 4</b>	300+4	1	lenta	mínima	mínima	3,4	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 5</b>	150+0,5	2	rápida	si	mínima	9,6	Visible
<b>Poliamida + floculante 5</b>	150+0,1	1	lenta	mínima	mínima	10,3	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 5</b>	150+2	1	lenta	mínima	mínima	10,5	floc coloidal

<b>Poliamida + floculante 5</b>	150+3	1	lenta	mínima	mínima	11,3	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 5</b>	150+4	1	lenta	mínima	mínima	12,4	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 5</b>	300+4	1	lenta	mínima	mínima	5	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 5</b>	400+2	0	no	no	no	2	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 6</b>	300+4	2	rápida	mínima	no	3,4	Visible
<b>Poliamida + floculante 6</b>	400+2	0	no	no	no	1,7	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 7</b>	300+4	2	rápida	mínima	no	3,3	Visible
<b>Poliamida + floculante 7</b>	400+2	1	lenta	mínima	no	1,8	floc coloidal
<b>Poliamida + floculante 8</b>	300+4	3	rápida	mínima	no	5,9	Visible
<b>Poliamida + floculante 8</b>	400+2	1	lenta	mínima	no	1,8	floc coloidal

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

### 2.5.7. Pruebas experimentales con Polidadmac y floculantes

**Tabla 19-2:** Experimentación con Polidadmac y floculantes aniónicos

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	150+0,5	2	rápida	no	si	7,6	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	150+0,1	2	rápida	si	no	6,9	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	150+2	2	rápida	mínima	si	7,1	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	150+3	2	lenta	no	no	6,7	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	150+4	2	lenta	no	no	5,9	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	200+0,5	4	rápida	si	mínima	6,1	disperso
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	200+0,1	3	rápida	si	mínima	6,2	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	200+2	2	rápida	mínima	mínima	5,9	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	200+3	2	lenta	mínima	mínima	4,9	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	200+4	2	lenta	mínima	mínima	5,1	Visible
<b>Polidadmac + floculante 1</b>	300+2	2	lenta	mínima	si	2,7	Visible
<b>Polidadmac + floculante 2</b>	150+0,5	2	rápida	mínima	mínima	8,9	Visible
<b>Polidadmac + floculante 2</b>	150+0,1	2	rápida	mínima	mínima	8,5	Visible
<b>Polidadmac + floculante 2</b>	150+2	4	rápida	si	mínima	8,4	disperso
<b>Polidadmac + floculante 2</b>	150+3	3	lenta	mínima	mínima	8,2	Visible

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

**Tabla 20-2:** Experimentación con Polidadmac y floculante aniónico y catiónico

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
Polidadmac + floculante 2	150+4	1	lenta	no	no	7,9	floc coloidal
Polidadmac + floculante 2	200+2	1	lenta	mínima	no	6,6	floc coloidal
Polidadmac + floculante 3	150+0,5	4	rápida	si	mínima	5,5	disperso
Polidadmac + floculante 3	150+0,1	2	lenta	rápida	mínima	6,1	Visible
Polidadmac + floculante 3	150+2	3	lenta	mínima	mínima	6,3	Visible
Polidadmac + floculante 3	150+3	2	lenta	mínima	mínima	5,19	Visible
Polidadmac + floculante 3	150+4	1	lenta	mínima	mínima	5,2	floc coloidal
Polidadmac + floculante 3	200+2	2	mínima	mínima	no	4,5	Visible
Polidadmac + floculante 4	150+0,5	2	rápida	si	mínima	10,1	Visible
Polidadmac + floculante 4	150+0,1	1	lenta	mínima	mínima	9,7	floc coloidal
Polidadmac + floculante 4	150+2	2	lenta	mínima	mínima	8,9	Visible
Polidadmac + floculante 4	150+3	2	lenta	mínima	mínima	8,4	Visible
Polidadmac + floculante 4	150+4	2	lenta	mínima	mínima	9,3	Visible
Polidadmac + floculante 5	150+0,5	2	rápida	si	mínima	4,1	Visible
Polidadmac + floculante 5	150+0,1	2	lenta	mínima	mínima	3,9	Visible
Polidadmac + floculante 5	150+2	2	lenta	mínima	mínima	4,4	Visible
Polidadmac + floculante 5	150+3	0	no	no	no	3,8	floc coloidal
Polidadmac + floculante 5	150+4	2	lenta	mínima	mínima	5,1	Visible
Polidadmac + floculante 6	300+2	1	lenta	mínima	si	2,3	floc coloidal
Polidadmac + floculante 7	300+2	2	lenta	mínima	si	2,7	Visible
Polidadmac + floculante 7	200+2	3	lenta	mínima	si	3,72	visible
Polidadmac + floculante 8	200+2	3	lenta	mínima	si	3,7	Visible
Polidadmac + floculante 8	300+2	2	lenta	mínima	si	2,5	Visible
Polidadmac + floculante 8	300+2	2	lenta	mínima	si	2,5	Visible

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

### 2.5.8. Pruebas experimentales con Policloruro de Aluminio y floculantes

**Tabla 21-2:** Experimentación con Policloruro de Aluminio y floculante

Coagulante	DOSIS (ppm)	Tamaño de floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs.	Flotación	Precipitación	Turbiedad Final (NTU)	Resultado visual
<b>Policloruro de Al + floculante 1</b>	400 + 2	2	rápida	mínima	si	10	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 2</b>	400 + 2	3	rápida	mínima	si	17,4	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 3</b>	400 + 2	4	rápida	mediana	si	6,2	disperso
<b>Policloruro de Al + floculante 4</b>	400 + 2	4	rápida	mínima	si	6,1	disperso
<b>Policloruro de Al + floculante 5</b>	400 + 2	4	rápida	mediana	si	6,8	disperso
<b>Policloruro de Al + floculante 6</b>	400 + 2	4	rápida	mediana	si	7,3	disperso
<b>Policloruro de Al + floculante 7</b>	400 + 2	3	rápida	mínima	si	4,6	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 8</b>	400 + 2	2	rápida	mínima	si	6,2	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 1</b>	500 + 2	4	muy rápida	mediana	si	5,4	disperso
<b>Policloruro de Al + floculante 2</b>	500 + 2	3	muy rápida	mediana	si	6,1	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 3</b>	500 + 2	4	muy rápida	mediana	si	6,3	disperso
<b>Policloruro de Al + floculante 4</b>	500 + 2	4	muy rápida	mínima	si	5,7	disperso
<b>Policloruro de Al + floculante 5</b>	500 + 2	2	rápida	no	no	4,7	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 5</b>	600 + 2	2	rápida	no	no	10,5	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 1</b>	150 + 0.5	2	Lenta	mínima	si	23,5	visible

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

**Tabla 22-2:** Experimentación con Policloruro de Aluminio y floculantes

Coagulante	DOSIS (ppm)	Tamaño de floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs.	Flotación	Precipitación	Turbiedad Final (NTU)	Resultado visual
<b>Policloruro de Al + floculante 1</b>	150 + 1	2	Lenta	mínima	si	22,6	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 1</b>	150 + 2	1	Lenta	mínima	si	21,7	floc coloidal
<b>Policloruro de Al + floculante 1</b>	150 + 3	1	Lenta	mínima	si	20,4	floc coloidal
<b>Policloruro de Al + Floculante 1</b>	1000+ 1	2	Rápida	si	si	4,9	floc coloidal
<b>Policloruro de Al + Floculante 1</b>	1000+ 2	2	Rápida	si	si	5,1	visible
<b>Policloruro de Al + Floculante 1</b>	1000+ 4	3	Rápida	si	si	5,2	visible
<b>Policloruro de Al + Floculante 1</b>	1000+ 6	3	Rápida	si	no	3,1	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 2</b>	150 + 0.5	2	Lenta	muy mínima	si	17,5	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 2</b>	150 + 1	2	Lenta	muy mínima	si	15,4	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 2</b>	150 + 2	2	Rápida	muy mínima	si	13,2	visible
<b>Policloruro de Al + floculante 2</b>	150 + 3	1	Lenta	muy mínima	si	12,5	floc coloidal
<b>Policloruro de Al + Floculante 5</b>	500+ 1	4	Rápida	no	si	4,5	disperso
<b>Policloruro de Al + Floculante 5</b>	500+ 2	4	Rápida	si	si	8,3	disperso
<b>Policloruro de Al+ Floculante 5</b>	500+ 4	3	Rápida	si	no	9,8	visible
<b>Policloruro de Al+ Floculante 5</b>	500+ 6	4	Rápida	si	no	9,4	disperso

<b>Policloruro de Al + Floculante 5</b>	800+ 1	1	Rápida	si	si	5,8	floc coloidal
<b>Policloruro de Al + Floculante 5</b>	800+ 2	2	Rápida	si	si	5,1	visible
<b>Policloruro de Al + Floculante 5</b>	800+ 4	6	Rápida	si	no	4,8	bueno
<b>Policloruro de Al + Floculante 5</b>	800+ 6	4	Rápida	si	no	5,1	disperso

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

**Tabla 23-2:** Experimentación con Policloruro de Aluminio y floculantes

Coagulante	DOSIS (ppm)	Tamaño de floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs.	Flotación	Precipitación	Turbiedad Final (NTU)	Resultado visual
<b>Policloruro de Aluminio + Floculante 5</b>	1000+ 1	5	Rápida	no	si	3,3	disperso
<b>Policloruro de Aluminio + Floculante 5</b>	1000+ 2	6	Rápida	si	si	3,3	claro
<b>Policloruro de Aluminio + Floculante 5</b>	1000+ 4	6	Rápida	si	no	3,6	claro
<b>Policloruro de Aluminio + Floculante 7</b>	1000+ 6	4	Rápida	si	no	4,3	disperso
<b>Policloruro de Aluminio+ Floculante 5</b>	1200+ 1	8	Rápida	no	si	2,9	bueno
<b>Policloruro de Aluminio + Floculante 5</b>	1200+ 2	6	Rápida	si	si	3,1	claro
<b>Policloruro de Aluminio + Floculante 5</b>	1200+ 4	4	Rápida	si	si	3,8	disperso
<b>Policloruro de Aluminio + Floculante 5</b>	1200+ 6	6	Rápida	si	no	3,1	claro
<b>Policloruro de Al + Floculante 5</b>	1500+ 1	6	Rápida	si	si	2,5	claro

<b>Policloruro de Al + Floclante 5</b>	1500+ 2	8	Rápida	si	si	2,8	bueno
<b>Policloruro de Al + Floclante 5</b>	1500+ 4	8	Rápida	si	si	3,7	bueno
<b>Policloruro de Al + F 5</b>	1500+ 6	8	Rápida	si	no	6,3	bueno

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

### 2.5.9. Pruebas experimentales con oxidación

**Tabla 24-2:** Experimentación con Oxidación, Sulfato de Aluminio y floclantes

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 5</b>	50+1200+1	8	rápida	si	si	2,38	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 5</b>	50+1200+2	6	rápida	si	si	2,38	claro
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 5</b>	50+1200+2	8	rápida	si	si	2,14	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 7</b>	50+1200+1	6	rápida	si	si	2,23	claro
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 7</b>	50+1200+2	8	rápida	si	si	2,1	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 8</b>	10+1200+1	6	muy rápida	si	si	5,97	claro
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 8</b>	10+1200+2	4	rápida	si	si	5,15	disperso
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 8</b>	10+1200+4	8	rápida	si	si	4,4	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 8</b>	10+1200+6	6	rápida	si	si	8,57	claro
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floclante 8</b>	20+1200+1	4	rápida	si	si	13	disperso

<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	20+1200+2	3	rápida	si	si	4,3	Visible
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	20+1200+4	6	rápida	si	si	4,8	claro

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

**Tabla 25-2:** Experimentación con oxidación, Sulfato de Aluminio y floculantes

Coagulantes	Dosis (ppm)	Tamaño del floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs	Flotación	Precipitación	Turbiedad (NTU)	Resultado visual
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	20+1200+6	6	rápida	si	si	4,9	claro
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	50+1200+1	8	rápida	si	si	2,8	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	50+1200+2	8	rápida	si	si	2,3	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	10+1500+1	4	rápida	si	si	12	disperso
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	10+1500+2	6	rápida	si	si	5	claro
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	10+1500+4	8	rápida	si	si	3,8	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	10+1500+6	8	rápida	si	si	2,9	bueno
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	20+1500+1	2	rápida	si	si	4,3	visible
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	20+1500+2	2	rápida	si	si	3,7	visible
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	20+1500+4	2	rápida	si	si	3,9	visible
<b>NaClO + Sulfato de Aluminio + floculante 8</b>	20+1500+6	2	rápida	si	si	3,7	visible

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

**Tabla 26-2:** Experimentación con Oxidación y policloruro de Aluminio

Coagulante	DOSIS (ppm)	Tamaño de floculo y estabilidad	Velocidad de formación flocs.	Flotación	Precipitación	Turbiedad Final (NTU)	Resultado visual
<b>NaClO +Policloruro de Al + floculante 5</b>	50+1200+1	8	Muy rápida	no	si	0,99	bueno
<b>NaClO +Policloruro de Al + floculante 5</b>	50+1200+2	8	Muy rápida	no	si	0,86	bueno
<b>NaClO +Policloruro de Aluminio + floculante 7</b>	50+1200+1	6	muy rápida	mediana	si	1,05	disperso
<b>NaClO +Policloruro de Aluminio + floculante 7</b>	50+1200+2	8	muy rápida	mínima	si	1,08	bueno
<b>NaClO +Policloruro de Aluminio + floculante 8</b>	50+1200+1	8	Muy rápida	si	si	0,85	bueno
<b>NaClO + Policloruro de Aluminio + floculante 8</b>	50+1200+2	8	Muy rápida	Mínima	si	0,94	bueno

Elaborado por: Cedeño Gabriela,2022.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados obtenidos

##### 3.1.1. Caracterización de los lixiviados del relleno sanitario

Los resultados obtenidos en este Trabajo de Investigación Curricular, se presenta en función de los objetivos planteados y de la metodología utilizada. En la primera sección se da a conocer la caracterización Físico – Química de la muestra del lixiviado del relleno sanitario del Cantón Shushufindi que no ha recibido ningún tipo de tratamiento químico y/o biológico, para la realización de estos análisis se consideró la normativa vigente TULSMA, libro VI tabla 9. A continuación, se presenta las dosis optimas obtenidas de los coagulantes y floculantes que mejor desempeño desarrollaron en el proceso de la clarificación. Finalmente, se presenta la eficiencia de los coagulantes y floculantes escogidos para este tipo de lixiviado.

**Tabla 27-3:** Condiciones iniciales de la muestra del lixiviado y límites permisibles

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite permisible	Condiciones iniciales
Aceites y grasas	Sust.solubles en hexano	mg/l	30	0,026
Bario	Ba	mg/l	2,0	0,42
Boro total	Bo	mg/l	2,0	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02	0,005
Cianuro	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1	0,027
Cinc	Zn	mg/l	5,0	0,68
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20	20
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000	100
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000	0,46
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5	1,39
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200	960
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/l	100	150

Fosforo total	P	mg/l	10,0	10,6
Fluoruros	F	mg/l	5,0	0,19
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0	20
Níquel	Ni	mg/l	2,0	0,08
Potencial de hidrógeno	pH		6 – 9	7,62
Sólidos totales	ST	mg/l	1600	1000
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	1000	34
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5	0,087
Turbiedad	NTU	NTU		91,3
Temperatura	°C	°C	Condición natural+- 3	32 <sup>0</sup> C

Elaborado por: Cedeño Gabriela, 2022.

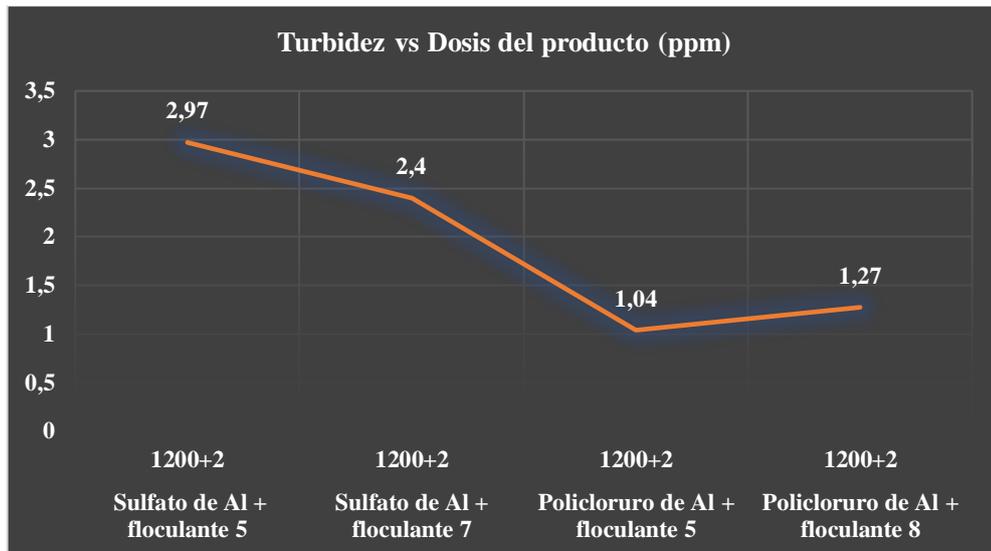
En la tabla 27- 3, se muestra los resultados de la caracterización Físico – Química de los lixiviados.

### 3.1.2. Determinación de las dosis óptimas de los coagulantes y floculantes

Para la determinación de las dosis óptimas de los coagulantes y floculantes se realizaron pruebas experimentales en el campo y en el laboratorio, mediante el test de jarras, estas pruebas se realizaron en dos etapas, en la primera etapa se utilizó exclusivamente los coagulantes y los polímeros, en la segunda etapa se agregó un oxidante químico a los coagulantes y floculantes seleccionados. De las pruebas realizadas se determinó que los coagulantes metálicos sulfato de aluminio y el Policloruro de aluminio en combinación con los floculantes 5, 7 y 8 (ver tabla 4-2), dieron los mejores resultados en función de los parámetros analizados, a continuación, se muestran los resultados sin oxidante y con oxidante de los coagulantes y floculantes seleccionados.

#### a) Resultados sin Oxidante

- El polímero metálico Sulfato de Aluminio en una concentración de 1200 ppm, más floculante 5 y 7, más 2 ppm, obtuvieron una precipitación rápida de los sólidos presentes, así como la formación de flocs grandes y firmes, una buena calidad de agua que se lo puede determinar con la turbiedad que fue > a 2 NTU.
- Con el polímero metálico Policloruro de aluminio con una concentración de 1200 ppm, más 2 ppm del floculante 5 y 8, de igual manera se obtuvo una precipitación rápida, formación de flocs grandes y firmes, calidad de agua buena, y valores de turbiedad > a 1 NTU.

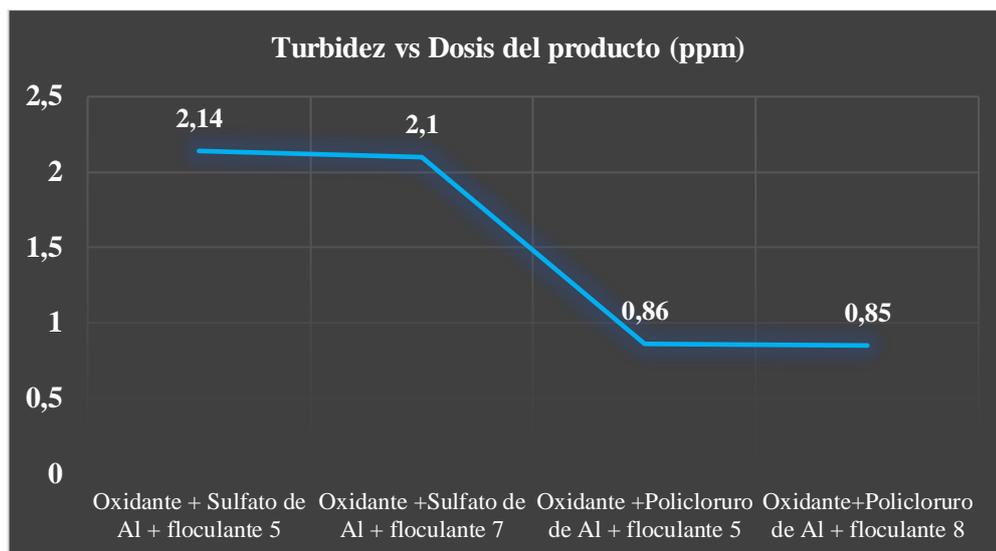


**Gráfica 3-3:** Dosis de Coagulantes y Floculantes sin oxidación en función de la turbiedad.

Realizado por: Cedeño Gabriela, 2022.

b) *Resultados con Oxidante*

- A la muestra cruda del lixiviado, como primer paso se le agrego una dosis de 50 ppm de Hipoclorito de sodio, se dejó reposar por 10 min, seguidamente se agregó el Sulfato de Aluminio y los floculantes 5 y 7, con las dosis indicadas en el paso anterior, adicionando el oxidante se logró obtener una disminución promedio de la turbiedad de 2,12 NTU, precipitación rápida, así como la formación de flóculos grandes y firmes, y una buena calidad de agua.
- Para el Policloruro de aluminio y los floculantes 5 y 8, se aplicó de igual manera el mismo procedimiento indicado en el paso anterior, es decir se agregó en primera instancia el Hipoclorito de sodio, y seguidamente se agregó el coagulante y los polímeros, con este procedimiento disminuyó la turbiedad en un promedio 0,85 NTU, precipitación rápida, formación de flóculos grandes y firmes, y calidad de agua buena.



**Gráfica 4-3:** Dosis de Coagulantes y Floculantes con oxidación en función de la turbiedad.

Realizado por: Cedeño Gabriela, 2022.

### 3.1.3. Eficiencia de los productos químicos aplicados en la clarificación del lixiviado

Previo a realizar una comparación de la eficiencia de los productos químicos que mejor rendimiento presentaron en las pruebas de jarras de este lixiviado, se realizó un análisis Físico – Químico de las muestras seleccionadas, este análisis se lo realizó en el Laboratorio certificado AQLAB de la ciudad del Coca. Se adjunto los resultados obtenidos de estas muestras.

**Tabla 28-3:** Datos del análisis fisicoquímico antes y después del tratamiento

Parámetros	Límite permitido Tabla IX TULSMA	Muestra sin tratamiento Químico	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
			50+1200+2	50+1200+2	50+1200+2	50+1200+1
NTU	en función del color	83	2,14	2,1	0,86	0,85
pH	6,0 - 9,0	7,62	7,43	7,62	7,56	7,46
DBO5 mg/l O <sub>2</sub>	100	150	100	95	80	90
DQO mg/l O <sub>2</sub>	200	525	330	321	282	297
Bario mg/l	2	0,423	0,381	0,267	0,263	0,198
Cadmio mg/l	0,02	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Níquel ppm	2	0,054	0,054	0,034	0,034	0,019

Realizado por: Cedeño Gabriela, 2022.

Con los valores obtenidos de los parámetros seleccionados en los análisis físicos-químicos de los productos seleccionados, se procedió a realizar el cálculo de la eficiencia de estos parámetros como se indican en la tabla 29-3.

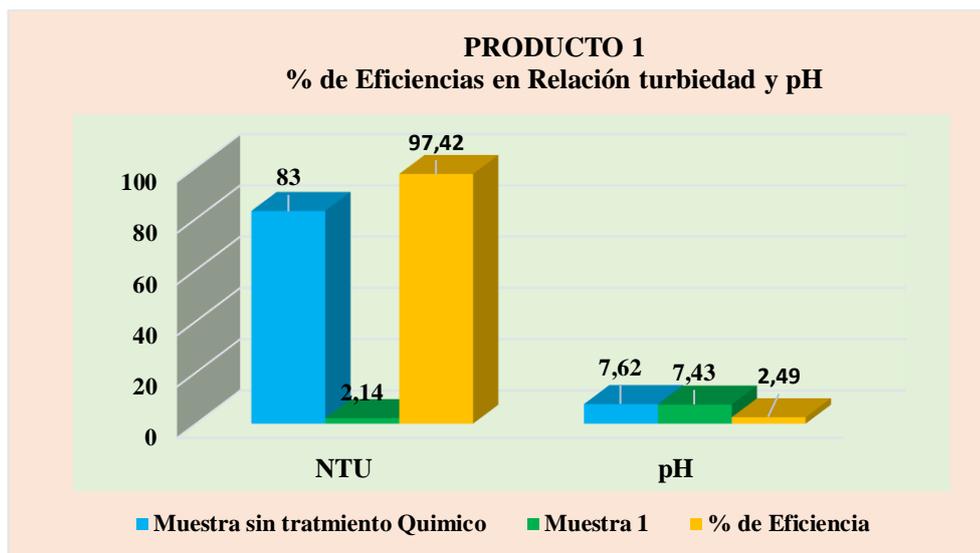
**Tabla 29-3:** Porcentaje de eficiencia de los productos químicos

			Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
			50+1200+2	50+1200+2	50+1200+2	50+1200+1
Parámetros	Límite permitido Tabla IX TULSMA	Muestra sin tratamiento Químico	Porcentaje de Eficiencia %			
NTU	en función del color	83	97,42	97,47	98,96	98,98
pH	6,0 - 9,0	7,62	2,49	0,00	0,79	2,10
DBO5 mg/l O <sub>2</sub>	100	150	33,33	36,67	46,67	40,00
DQO mg/l O <sub>2</sub>	200	525	37,14	38,86	46,29	43,43
Bario mg/l	2	0,423	9,93	36,88	37,83	53,19
Cadmio mg/l	0,02	0,005	0,00	0,00	0,00	0,00
Níquel ppm	2	0,054	0,00	37,04	37,04	64,81

Realizado por: Cedeño Gabriela, 2022.

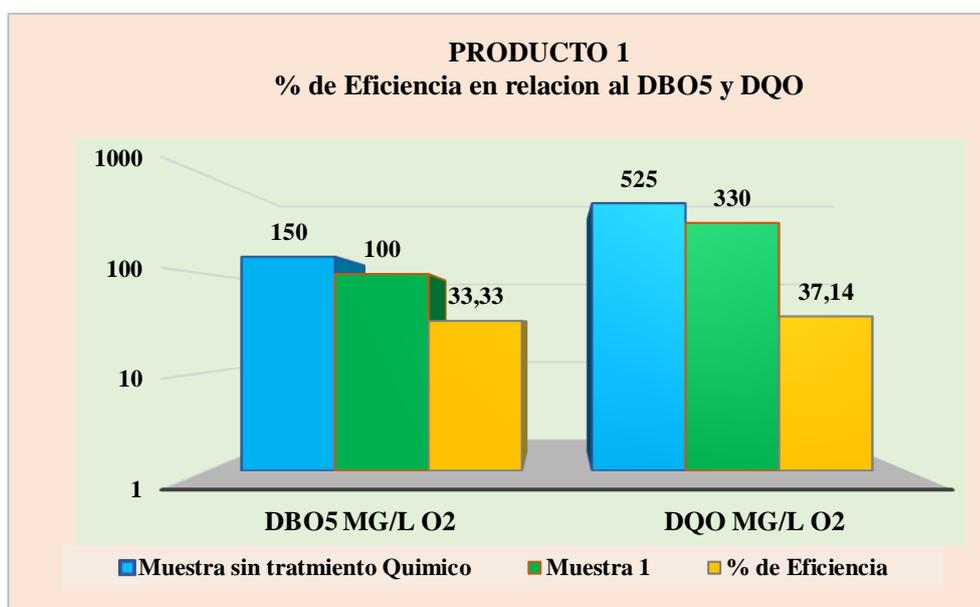
A continuación, se representa gráficamente la comparación del porcentaje de la eficiencia de los principales parámetros de cada muestra seleccionada versus los datos de la muestra inicial o cruda del lixiviado.

En los gráficos 5-3 y 6-3, se compara los porcentajes de eficiencia de los parámetros turbiedad, pH, DBO<sub>5</sub> y DQO del producto 1. En relación a la turbiedad se observa una remoción de un 97,42% de la turbidez, un 33,33% DBO<sub>5</sub>, un 37,14% de DQO, en cuanto al potencial de hidrógeno existe una mínima variación del 2,49%.



**Gráfica 5-3:** Porcentaje de eficiencia turbiedad y potencial de hidrógeno.

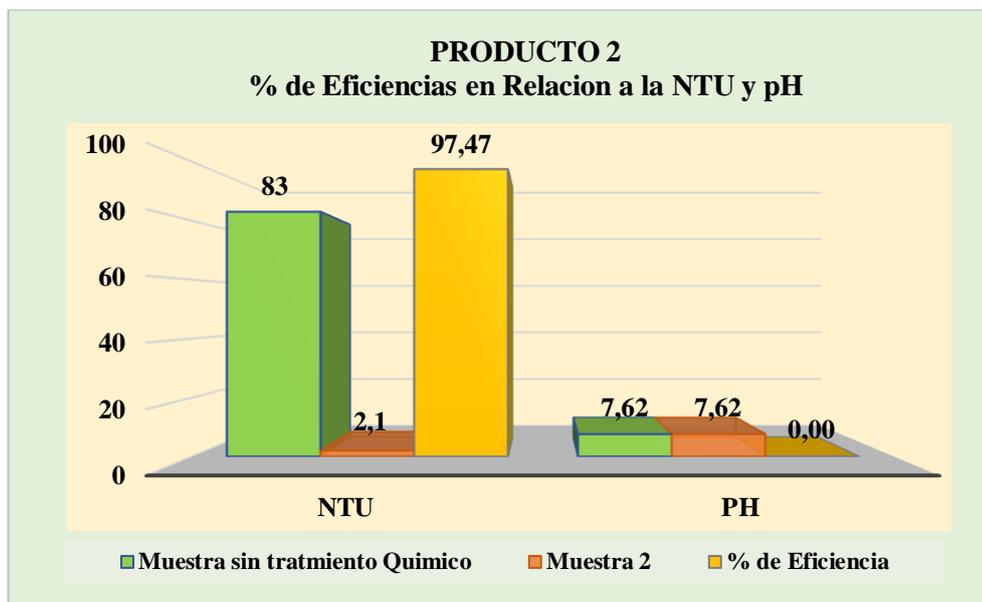
Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.



**Gráfica 6-3:** Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica y demanda química de oxígeno.

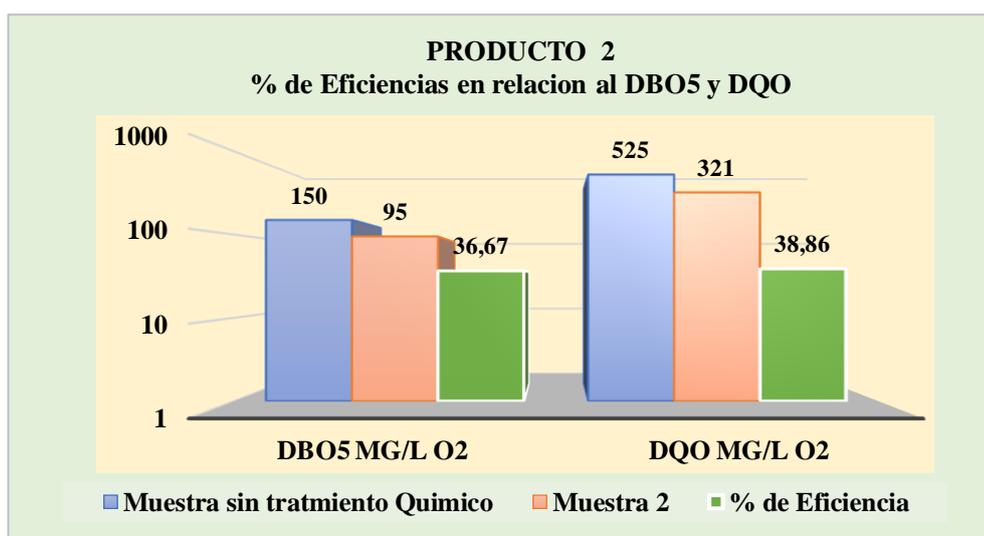
Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.

En los gráficos 7-3 y 8-3, se presenta la comparación de los porcentajes de eficiencia de los parámetros turbiedad, pH, DBO<sub>5</sub> y DQO del producto 2. Se determina que existe una mayor eficiencia en cuanto a remoción de turbiedad con 97,47%, de igual forma en la DBO<sub>5</sub> con 36,67%, en la DQO con 38,86%, en cuanto al potencial de hidrógeno se mantiene constante en estas condiciones.



**Gráfica 7-3:** Porcentaje de eficiencia turbiedad y potencial de hidrógeno.

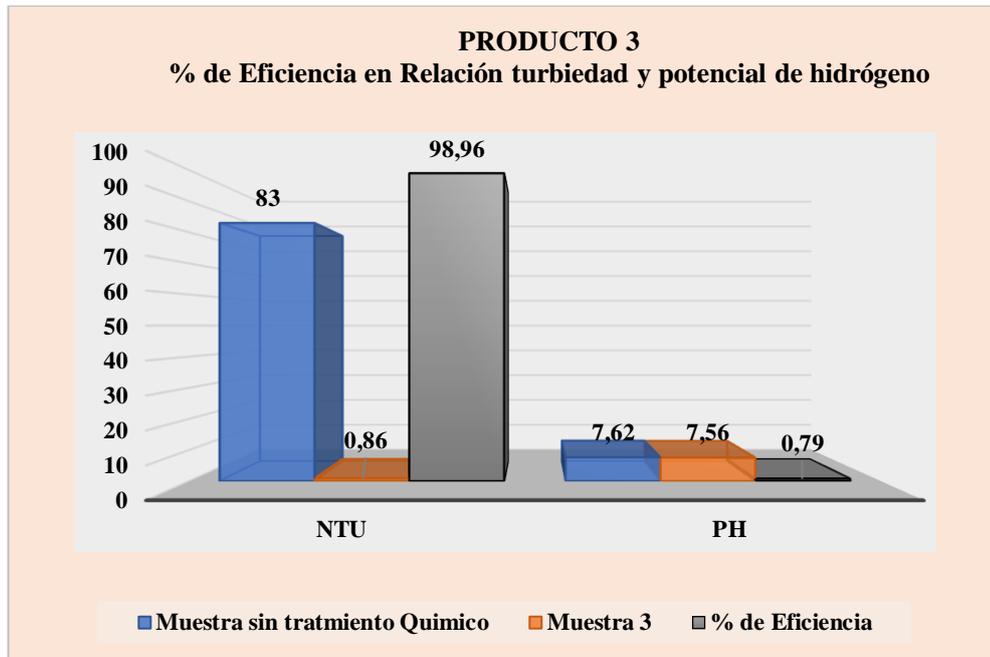
Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.



**Gráfica 8-3:** Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica y demanda química de oxígeno.

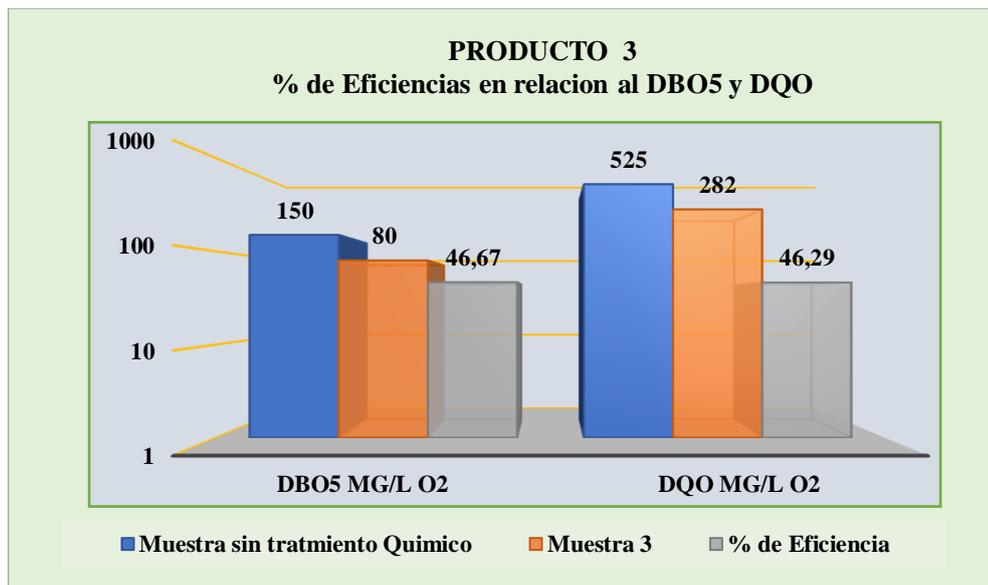
Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.

Así mismo se presenta en los gráficos 9-3 y 10-3, la comparación de los porcentajes de eficiencia de los parámetros turbiedad, pH, DBO<sub>5</sub> y DQO para el producto 3 con policloruro de aluminio, La remoción de la turbiedad nos da una eficiencia del 98,96%, en cuanto a la DBO<sub>5</sub> en esta hay una remoción del 46,67%, mientras que en la DQO un 46,29%, el potencial de hidrógeno se mantiene mucho más estable con una mínima variación de un 0,79%. En este producto la remoción de la DBO<sub>5</sub> y DQO presenta la mayor eficiencia respecto a los otros productos.



**Gráfica 9 - 3:** Porcentaje de eficiencia turbiedad y potencial de hidrógeno.

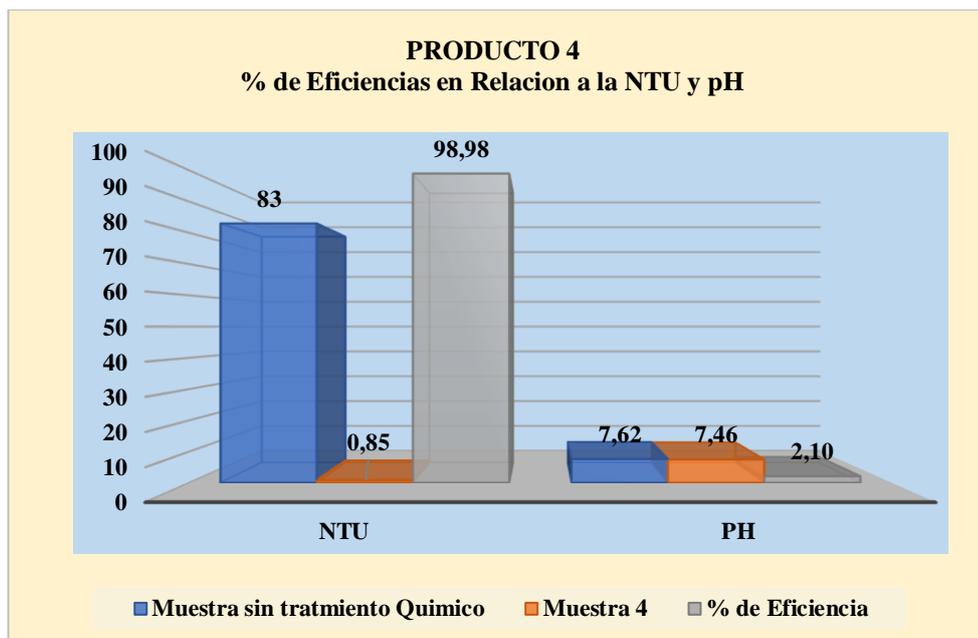
Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.



**Gráfica 10-3:** Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica de oxígeno y DQO.

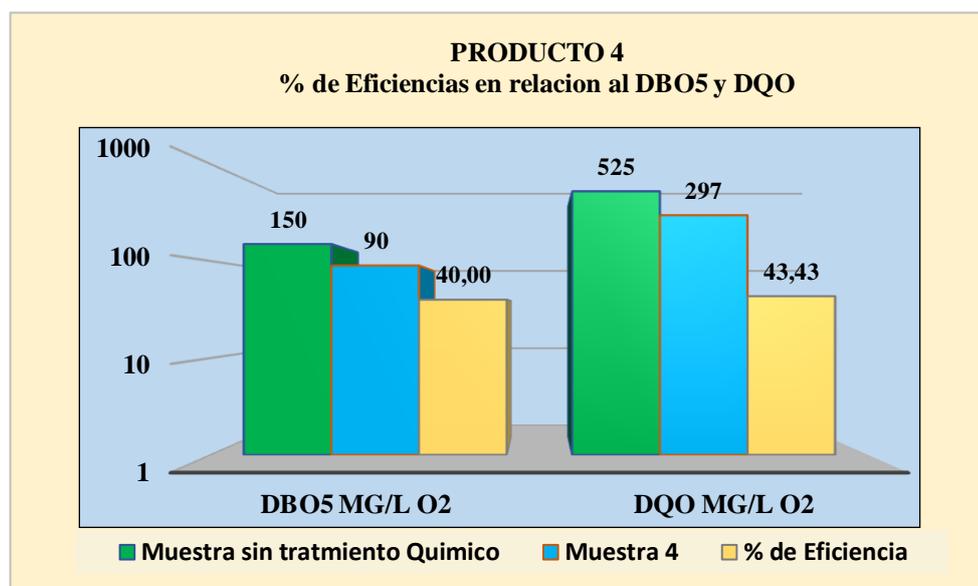
Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.

Finalmente, en el producto 4 en los ensayos de coagulación-floculación, con el coagulante policloruro de aluminio y adición del floculante 8, gráficas 11-3 y 12-3 se presenta la comparación de los porcentajes de eficiencia de los parámetros turbiedad, pH, DBO<sub>5</sub> y DQO, con este producto la remoción de la turbiedad es casi total, llega a un 98,98%, en cuanto a la DBQ<sub>5</sub>, esta es de 40% y de un 43,43% para la DQO, en cuanto al potencial de hidrógeno se observa una variación mínima de un 2,10%. En esta muestra la remoción de la turbiedad es la más eficiente.



**Gráfica 11-3:** Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica de oxígeno y DQO.

Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.



**Gráfica 12-3:** Porcentaje de eficiencia demanda bioquímica de oxígeno y DQO.

Realizado por: Cedeño Gabriela,2022.

### 3.2. Discusión

En este estudio de revisión bibliográfica y trabajo experimental de campo, en la clarificación química de lixiviados tratados mediante procesos de coagulación-floculación, los resultados obtenidos en cada una de las pruebas de jarras donde se empleó el lixiviado del relleno sanitario del Cantón Shushufindi, apuntaron a la necesidad de realizar la remoción de los sólidos suspendidos en términos de turbiedad, de la materia orgánica biodegradable en términos de la

demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO), mediante la clarificación química, a través de los procesos de coagulación, floculación y sedimentación.

Estos resultados guardan relación con Gálvez, (2008) en su estudio donde menciona que la carga orgánica de los lixiviados influyen de modo relevante en el proceso de coagulación – floculación, que se da en la clarificación, por lo que si el lixiviado tiene una mayor carga orgánica es necesario realizar varios ensayos de pruebas de jarras para optimizar la dosis del coagulante. Aunque aplicando este proceso de coagulación – floculación para tratar el lixiviado se disminuye una parte de DBO<sub>5</sub>, DQO y los sólidos que se encuentran presentes en el lixiviado. Sin embargo, no se obtiene una calidad aceptable de efluente, siendo necesario la combinación con otros tratamientos, aunque en este trabajo de investigación no se combinó el tratamiento químico con otros sistemas de tratamiento.

Novelo et al. (2004) Mencionan un procedimiento en la que se determina el tipo de coagulante y la dosis adecuada para el tratamiento fisicoquímico de lixiviados de relleno sanitario, donde experimentan con cuatro coagulantes metálicos (cloruro férrico, sulfato férrico, policloruro de aluminio y sulfato de aluminio) con dosis de 50 a 300 mg/L y 2 poli electrólitos (aniónico y catiónicos de alta densidad) con dosis de 2 a 12mg/L. Sin embargo, no se encontraron resultados positivos y la mejor remoción de contaminantes medidas en función a la demanda química de oxígeno se obtuvo con sulfato de aluminio a una dosis de 300 mg/L con una eficiencia mínima de remoción de 6.6%, ya que los lixiviados se encontraban de forma coloidal por ende hacen que los procesos de la clarificación sean bajas.

En la presente investigación se utilizó cuatro químicos coagulantes y ocho floculantes; dos metálicos, sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio y dos químicos coagulantes orgánicos, un polidamida y una poliamida, en la investigación se encontró la dosis del producto adecuado para reducir los parámetros fisicoquímicos como la turbiedad, la DQO, DBO<sub>5</sub> y metales pesados. Como es de conocimiento general el proceso de coagulación- floculación y sedimentación ayuda a la eliminación de partículas que se encuentran suspendidas en el lixiviado, según Mendez, (2006) a valores bajos de pH se logra retirar las partículas pequeñas que le dan color al lixiviado.

En esta investigación se encontró valores de potencial de hidrógeno que oscilan entre 7,45 y 7,63, lo que prueba que se trabajó con un lixiviado intermedio ya que tienen potencial de hidrógeno neutro básico, estos lixiviados se caracterizan por la cantidad de ácidos grasos presentes en el lixiviado lo que concuerdan con datos de García (2019), que menciona las características de un lixiviado de acuerdo a la edad y los rangos de pH y otros parámetros que lo caracterizan.

Por otro lado, el proceso de clarificación química coagulación – floculación, es una tecnología apropiada para tratar este tipo de lixiviado, y de acuerdo con los resultados obtenidos en el campo y laboratorio, aplicando las pruebas de jarras con los coagulantes y floculantes seleccionados en las dosis apropiadas, se pudo observar que con las cuatro muestras de mezclas de químicos

seleccionadas, se obtuvo una eliminación casi total de las partículas suspendidas, así como una disminución apreciable de la carga orgánica, y se mantuvo con una mínima variación el potencial de Hidrogeno de 7,43 – 7,62.

En los productos 1 y 2, que son una mezcla de 50 ppm de Hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ), con 1200 ppm sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) y los polímeros 5 y 7 con 2 ppm cada uno, con estos químicos se lograron una disminución de la turbiedad que está directamente relacionada con la carga de los sólidos suspendidos en un porcentaje por encima del 97,4 % es decir de 83 NTU a 2,10 NTU. En cuanto al  $\text{DBO}_5$  y DQO que nos indica que cantidad del material orgánico, biodegradable y no biodegradable, puede ser químicamente oxidado, se evidenció una disminución de entre el 33,33% al 38,86%. Así mismo, en los metales Bario, Cadmio y Níquel presentes en este lixiviado, aplicando estos productos se logró una disminución en su concentración, para el Ba de entre el 9% al 37 %, en cuanto al Cd no existió disminución alguna, y para el Ni con el producto 1 no se observó eliminación en ninguna de las dos muestras, con la muestra 2 se obtuvo una disminución de concentración de un 37%.

Por lo tanto, para los productos 3 y 4, son una mezcla de 50 ppm de Hipoclorito de sodio, con 1200 ppm de Policloruro de Aluminio ( $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{Cl}_3$ ) y los polímeros 5 y 8 con 2 ppm cada uno, con estos productos la turbiedad bajó en un 98,98 %, en cuanto al  $\text{DBO}_5$  y al DQO y porcentaje de eficiencia fue el 43% y el 46%, en cuanto a los metales analizados, el porcentaje de eliminación fue en un rango de 37 al 76% respectivamente.

Resultados similares con el parámetro de demanda química de oxígeno (DQO), se encontró con el trabajo de Novelo *et al.*, (2006), donde mencionan que se obtuvo una remoción del 47%, es decir que se obtuvo una remoción de materia orgánica debido a la característica que presentaba el lixiviado tratado, pero con la dosis de 300mg/con acción de barrido mejoró la eficiencia. De los resultados obtenidos podemos notar claramente que la eficiencia presentada por el producto 3, en la eliminación de los sólidos suspendidos, la materia orgánica y metales, es superior en relación a las otras muestras comparadas.

## CONCLUSIONES

- Previo a realizar cualquier tipo de tratamiento, ya sea químico o biológico es fundamental realizar la caracterización Físico – Química del lixiviado crudo, ya que, en base a los resultados de los parámetros obtenidos, se sugeriría aplicar un determinado tipo de tratamiento.
- La clarificación química mediante el proceso de coagulación-floculación para este tipo de lixiviado, se pudo demostrar que es una técnica bastante recomendable para el tratamiento del lixiviado de un relleno sanitario, ya que mediante este procedimiento se obtuvo una remoción apreciable de los sólidos suspendidos, así como la carga orgánica.
- Las pruebas realizadas arrojaron diferentes eficiencias de los dos productos metálicos que obtuvieron resultados factibles en las pruebas, donde se evidencia de manera apreciable la reducción de la turbiedad con un 97,42%; 97,47% para el producto uno y dos con el Sulfato de Aluminio y para el producto tres y cuatro con el Policloruro de Aluminio un 98,96% y 98,98%, con mayor eficiencia en la misma concentración. Para la DBO<sub>5</sub> la mayor eficiencia la obtuvo el producto (3,4) con el Policloruro de Aluminio con 46,67% y 40,00%. De igual manera la mejor eficiencia en el parámetro DQO la obtuvo el producto (3,4) con el Policloruro de Aluminio con un 46,29% y 43,43% respectivamente.
- Cabe mencionar que los coagulantes orgánicos utilizados en esta investigación no dieron los resultados esperados, ya que al ser aplicados en diferentes concentraciones se apreció que no formaban flocs grandes y estables, si no flocs muy pequeños que se mantenían suspendidos, por ende, dando una mala calidad de agua, por lo que fueron descartados.

## RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se sugiere utilizar el producto 3 (50 ppm de hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) más 1200ppm de Policloruro de Aluminio ( $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{Cl}_3$ ) y 2 ppm del floculante-5 ver tabla 4-2 que fue el que mejor resultados técnicos tuvo.
- Como complemento del tratamiento químico de clarificación, se sugiere implementar un proceso biológico que ayudaría a eliminar completamente el remante de materia orgánica del lixiviado.
- Implementar piscinas o tanques rápidos para el tratamiento físico - químico de los lixiviados que se producen en el relleno sanitario.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**CHAGANTI, V. & CROHN, D.** Evaluating the relative contribution of physiochemical and biological factors in ameliorating a saline–sodic soil amended with composts and biochar and leached with reclaimed water. *Geoderma*, [En línea], 2015, (California). 259, p. 45–55. [Consulta: 15 noviembre 2021]. ISSN 0016-7061. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.05.005>.

**SANZ HERNANDO, Felipe Javier.** Gestión ambiental y tratamiento de residuos urbanos (manuscrito): propuesta para la zona metropolitana de Guadalajara a partir de las experiencias de la unión europea. [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Complutense de Madrid, España. 2006. pp. 23-519. [Consulta: 2022-02-19]. Disponible en: <http://webs.ucm.es/BUCM/tesis/ghi/ucm-t29577.pdf>.

**BHATT, A., ALTOUQI, S., KARANJEKAR, R., HOSSAIN, M.D.S., CHEN, V.P. & SATTLER, M.S.** Preliminary regression models for estimating first-order rate constants for removal of BOD and COD from landfill leachate. *Environmental Technology & Innovation*, [En línea] 2016, (PAIS) 5, pp. 188–198. [Consulta: 7 febrero 2021] ISSN 2352-1864. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2016.02.002>.

**NOGUERA, K. & OLIVERO, J.** "Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, [en línea], 2010, (Colombia) 34(132), pp. 347–356. [Consulta: 7 febrero 2022]. ISSN 0370-3908. Disponible en: <https://repositorio.accefyn.org.co/jspui/bitstream/001/622/1/182-189-PB.pdf#page=73>.

**ELJAIK, M.S., TORRES, L. y BERMÚDEZ, W.** Alternativas de tratamiento de lixiviados aplicables al relleno sanitario parque ambiental Loma de los Cocos de la ciudad de Cartagena, *Hacia un sistema de gestión integral de los residuos sólidos*, [En línea], 2013, (Colombia), p. 1–6. [Consulta: 17 diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.redisa.net/doc/artSim2013/TratamientoYValorizacionDeResiduos/Alternativas%20Tratamiento%20Lixiviados%20Vertedero%20Colombia.pdf>.

**FERNÁNDEZ, C., RAMÍREZ, M. y RUBIO, E.** "Influencias de un relleno sanitario sobre la composición, abundancia y dispersión diurna de los peces en la Quebrada el Venado, corregimiento de Córdoba, Municipio de Buenaventura". [En línea],2011, (Valle del Cauca, Colombia),35(135) pp. 213–224[Consulta:7 febrero 2021]. ISSN 0370-3908.Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v35n135/v35n135a08.pdf>.

**ZAFRA MEJÍA, C. & ROMERO TORRES, D.** "Tendencias tecnológicas de depuración de lixiviados en rellenos sanitarios iberoamericanos". *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, [en línea], 2019,(Colombia) 18(35), pp. 125–147[Consulta:7 febrero 2022]. ISSN 1692-3324.Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242019000200125](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242019000200125).

**MORANTE-CARBALLO, F., APOLO-MASACHE, B., CARRIÓN-MERO, P., VAR CEDEÑO, B. y MONTALVAN-TOALA, J.**"Considerations in the Methodology for the Technical-Environmental Viability of Sanitary Landfills in Rural Communities. Northern Case of the Province of Santa Elena, Ecuador". [en línea],2021,(Ecuador) 16(2),pp.317-325. [Consulta:7 febrero 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160211>.

**YUMISACA, M.** Auditoria Ambiental de Cumplimiento primer periodo “ Sistema Integral de Desechos Sólidos para el canton de Shushufindi” [en línea],2019, [Consulta:8 febrero 2022]. Disponible en: AAc RELLENO 2019.pdf.

**SANTAMARÍA JORDAN,Leticia Alejandra.**Sistema de coagulación-floculación a escala laboratorio y su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de preparación de pega para la elaboración de zapatos de cuero. [en línea] (Trabajo de titulación).(Magister).Universidad Técnica de Ambato,Ecuador.2019,pp.1-177. [Consulta:2022-02-12]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29346>.

**GONZÁLEZ, A. et al.** *Coagulación, Floculación y Sedimentación para la clarificación de aguas residuales*. [En línea], Mexico, Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C *Innovación en Biotecnología II*, 2020. [Consulta:9 febrero 2022]. Disponible en: <http://redibai-myid.org/portal/wp-content/uploads/2021/01/607-8617-86-9.pdf#page=80>.

**MONTES CHAVEZ, Wendy Margarita.**Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua. [En línea], (Trabajo de Titulación). (Doctorado) Centro de investigación en materiales avanzados, Mexico.2011,pp.1-111. [Consulta:2021-02-6]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2259786>.

**SEGURA DELGADO, Paul & ROCHA VERA, Wilvert Antony.** Eficiencia de remoción de contaminantes de lixiviados generado en un relleno sanitario, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal a través de la especie macrófita emergente carrizo (*phragmites australis*). [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Peruana Unión, Lima, Perú. 2019. pp.1-224. [Consulta:2022-01-10]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1942>.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS,(INEC).** Población y Demografía[En línea],2020, [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>.

**GALLARDO, C.,** 2014. Diseños definitivos del sistema integral de los desechos sólidos para el Cantón Shushufindi Provincia de Sucumbíos. [en línea], pp. 1–280. Disponible en: <https://maesucumbios.files.wordpress.com/2016/02/dise3b1os-definitivos-del-sistema-integral-de-los-desechos-sc3b3lidos-para-el-cantc3b3n-shushufindi-provincia-de-sucumbc3ados.pdf>.

**TENORIO, P.,** *Informe mensual del ingreso de los desechos sólidos al relleno sanitario.* 2019,p.1. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: Gobierno Autonomo Municipal del Cantón Shushufindi.

**MENDEZ, Roger., et al.** "Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario". Red Ingenieria Revista Academica. [En línea], 2006, (Mexico) 8(2),p.155-163. [Consulta:24 noviembre 2021]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780213.pdf> .

**ANRANGO PAVÓN, María José.** Métodos alternativos para el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del cantón. [En línea] (Trabajo de titulación).(Pregrado).Universidad Internacional SEK, Mejía,Pichincha-Ecuador.2018.p.2. [Consulta:2021 -02-13]. Disponible en: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2882>.

**VARGAS TIPÁN, Ana Carolina.** Optimización del sistema de tratamiento primario de lixiviados producidos en el relleno sanitario El Inga mediante mezclas de floculantes. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador ,Quito , Ecuador. 2016.pp.1-112. [Consulta:2022-01-17]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/6293/1/T-UCE-0012-6.pdf>.

**DÁVILA CIFUENTES, Alexandra Marcela, & AGUIRRE, Luis Alberto.** Estudio del sistema de tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de Lago Agrio. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador. 2013. pp. 24-52 [Consulta: 2021-02-4]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1501>.

**REA IBARRA, Cristina.** *Propuesta de un plan de manejo de desechos sólidos urbanos en el cantón Esmeraldas, Provincia Esmeraldas.* [en línea], (Trabajo de Titulación). (pregrado) Universidad Central del Ecuador, Esmeraldas Ecuador. 2017. pp. 1-152. [Consulta: 2022-02-8]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/9632/1/T-UCE-0005-005-2017.pdf>.

**SBARATO, D.** *Aspectos generales de la problemática de los residuos sólidos urbanos* [en línea]. Editorial Brujas. 2009. [Consulta: 3 enero 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/76574>.

**MEDINA SERRANO, Aida Beatriz.** *Diseño de un Sistema de tratamiento para lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la ciudad de Chunchi.* [En línea], (Trabajo de Titulación). (Licenciatura) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 1-157. [Consulta: 2021-12-15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/365>.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE PERÚ.** Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. [En línea], 2018, (Perú) pp. 6-73. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://redrrs.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>.

**MARSHALL, R. & FARAHBAKHS, K.** "Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries". *Waste Management*, [En línea], 2013, (Canadá) 33(4), pp. 988-1003. [Consulta: 9 febrero 2022]. ISSN 0956-053X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.023>.

**TCHOBANOGLOUS, G., 1994.** *Gestión integral de residuos sólidos: Volumen 1.* McGraw-Hill. México: [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/82838>.

**GHASEMZADE, Reza. y PAZOKI, Maryam.** Estimation and modeling of gas emissions in municipal landfill (Case study: Landfill of Jiroft City). *Pollution*, (Trabajo de Titulación). (Postgrado) Universidad de Tehran, Jiroft, Irán. 2017, p. 689-700. [Consulta: 2022-01-8]. Disponible en: [https://jpoll.ut.ac.ir/article\\_62783.html](https://jpoll.ut.ac.ir/article_62783.html).

**LIU, Zhiping, et al.** "Characterization of dissolved organic matter in landfill leachate during the combined treatment process of air stripping, Fenton, SBR and coagulation". *Waste Management*, [En línea], 2015, (Malasia) 41, pp. 111–118. [Consulta: 8 febrero 2022]. ISSN 0956-053X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.044>.

**YANG, X., et al.** "Combination of self-organizing map and parallel factor analysis to characterize the evolution of fluorescent dissolved organic matter in a full-scale landfill leachate treatment plant". *Science of The Total Environment*, [en línea], 2019, (China) vol. 654, pp. 1187–1195. [Consulta: 8 febrero 2022]. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.135>.

**BADERNA, D., CALONI, F. y BENFENATI, E.** "Investigating landfill leachate toxicity in vitro: A review of cell models and endpoints". *Environment International*, [En línea], 2019, (Italia) 122, pp. 21–30. [Consulta: 25 enero 2022] ISSN 0160-4120. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.024>.

**BOZKURT, Sami.** Assessment of the Long-Term Transport Processes and Chemical Evolution in Waste Deposits. [en línea] (Tesis doctoral) Chemical Engineering and Technology, Superseded Departments, Stockholm: Kemiteknik. 2000. p. 96. [Consulta: 2021-02-9]. Disponible en: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-3013>

**JIMÉNEZ GONZÁLEZ, Teresa.** Generación de lixiviados en vertederos. [En línea], (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, España. 2021. pp. 1-100. [Consulta: 2021-12-10]. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/126799>.

**SÁNCHEZ SÁEZ, Manuel Gerardo.** Coagulación-floculación y separación de sólidos disueltos y suspendidos en un lixiviado estabilizado de vertedero. [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Oviedo, España. 2013. pp. 1-97. [Consulta: 2022-02-14]. Disponible en: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/18189>.

**HERNÁNDEZ, H.** Evaluación de la aplicación de microalgas para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Revisión de Literatura. [En línea], (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. 2020. pp. 1-21. [Consulta: 2020-05-9]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/7bbb142d-9244-44f9-aeb3-f05fe862ed65/content>.

**ROBINSON, A.** "Landfill leachate treatment". *Membrane Technology*, [en línea],2005, (Reino Unido) 6, pp. 6–12. [Consulta:8 febrero 2022]. ISSN 0958-2118.Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0958-2118\(05\)70435-3](https://doi.org/10.1016/S0958-2118(05)70435-3).

**OWUSU-NIMO, F., ODURO-KWARTENG, S., ESSANDOH, H., WAYO, F. y SHAMUDEEN, M.**, 2019. "Characteristics and management of landfill solid waste in Kumasi, Ghana". *Scientific African*, [en línea],2019, (Africa) 3, p. 00052. [Consulta:8 febrero 2022]. ISSN 2468-2276. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019>.

**KAMARUDDIN, Mojamat;et al.**An overview of municipal solid waste management and landfill leachate treatment: Malaysia and Asian perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, [En línea], 2017,(Malasia) 24(35), p. 26988–27020. [Consulta:8 febrero 2022]. ISSN 1614-7499.Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0303-9>.

**DUNCAN, B.**"Letter the editor". *Journal of the Herpetological Association of Africa* [En línea],1979, (África) 20,(1),pp.7-8. [Consulta:26 diciembre 2021]. ISSN: 0441-6651Disponible en: [https://www.unicach.mx/\\_ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf](https://www.unicach.mx/_ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf).

**RENOU, S., GIVAUDAN, J.G., POULAIN, S., DIRASSOUYAN, F. y MOULIN, P.**"Landfill leachate treatment: Review and opportunity". *Journal of hazardous materials*, [en línea],2008, (Francia) 150(3), pp. 468–493. [Consulta:8 febrero 2022]. ISSN 0304-3894.Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389407013593>.

**NOVELO, R.M., BORGES, E.C., RIANCHO, M.R.S., FRANCO, C.Q., VALLEJOS, G.G. y MEJÍA, B.J.**"Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario". *Ingeniería*, [en línea],2004, (México) 8(2), pp. 155–163. [Consulta:25 febrero 2022]. ISSN 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780213.pdf>.

**IRIGOÍN VÁSQUEZ, Stanler. & ZALDIVAR DÍAZ, Junior Eduardo.**Clarificación fisicoquímica de lixiviados mediante procesos de coagulación, floculación y sedimentación del botadero municipal de la provincia de Moyobamba–2016. [En línea], (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de San Martín, Moyabamba, Perú. 2018.pp.1-110. [Consulta:2021-12-10]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2602>.

**MIAO, Lei., et al.** "Recent advances in nitrogen removal from landfill leachate using biological treatments – A review". *Journal of Environmental Management*, [En línea],2019, (China) 235, pp. 178–185. [Consulta:10 diciembre 2021]. ISSN 0301-4797. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.057>.

**DUCHROW, M. & EVERHART, H.** "Turbidity Measurement". *Transactions of the American Fisheries Society*, [En línea],1971, 100(4),pp.682–690. [Consulta:10 diciembre 2021]. ISSN:0002-8487.Disponible en: [https://doi.org/10.1577/1548-659\(1971\)100<682:TM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-659(1971)100<682:TM>2.0.CO;2).

**TATSI, A.A.,et al.** "Coagulation–flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates". *Chemosphere*,[en línea],2003, (Gresia) 53(7), pp. 737–744. [Consulta:10 diciembre 2021]. ISSN 0045-6535. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00513-7](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00513-7).

**CASTAÑEDA BELTRAN, María Camila. & RODRIGUEZ MACIAS, Alejandro.** Desarrollo de una alternativa para el pretratamiento de la corriente de alimentación al proceso de ósmosis inversa en el tratamiento de lixiviados del relleno de Doña Juana. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado).Fundación Universidad de América,Bogotá.2020.pp.76-80. [Consulta:2021-12-15]. Disponible en: <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/7778>.

**ROHERS, Fabio, et al.** "Physical–chemical pre-treatment of sanitary landfill raw leachate by direct ascending filtration". *Chemosphere*, [en línea],2021, (Brasil) 285, p. 131362. [Consulta:8 febrero 2022]. ISSN 0045-6535.Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521018348>.

**GALVÃO, R., et al.,** " Post-treatment of stabilized landfill leachate by upflow gravel filtration and granular activated carbon adsorption". *Environmental technology*, [En línea],2021, (Colombia) 42(26), pp. 4179–4188. [Consulta:15 diciembre 2021] ISSN 0959-3330.Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09593330.2020.1746838>.

**GIRALDO, E.** "Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes". *Revista de ingeniería*, [En línea],2001, (Ecuador) 14(1), pp. 44–55. [Consulta:15 diciembre 2021]. ISSN 0121-4993.Disponible en: <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/riua.v0i14.538>.

**CUENCA ULLOA, Kerly Marilyn.** Diseño de un sistema de tratamiento para lixiviados recolectados en el Relleno Sanitario del cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Licenciatura) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 19-32. [Consulta: 2021-11-12]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11023/1/96T00532.pdf>.

**CÁRDENAS G. & SANCHEZ I.** Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, [En línea], 2013, (California). 15(1), p. 72-88. [Consulta: 15 noviembre 2021]. ISSN 0124-7107. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072013000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007).

**DIAMADOPOULOS, E.** Characterization and treatment of recirculation-stabilized leachate. *Water Research*, [En línea], 1994, (Gran Bretaña) 28 (12), p. 2439–2445. [Consulta: 2021-12-10]. ISSN 0043-1354. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)90062-0](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)90062-0).

**SCHIOPU, A. & GAVRILESCU, M.** "Options for the Treatment and Management of Municipal Landfill Leachate": Common and Specific Issues. *CLEAN – Soil, Air, Water*, [en línea], 2010, (Rumania) 38(2) pp. 1101–1110. [Consulta: 10 enero 2022]. ISSN 1863-0650. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/clen.200900184>.

**MORALES OSORIO, Jenny Angela.** Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano–Oxapampa-2018. [En línea], (Trabajo de Titulación). (pregrado) Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú. 2019. pp. 1-120. [Consulta: 2022-02-12]. Disponible en: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1422/1/T026\\_70495263\\_Tpdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1422/1/T026_70495263_Tpdf).

**FERNÁNDEZ MOLINA, Paula Tatiana, & HERRERA ESCOBAR, Lina María.** *Desarrollo de una propuesta para un sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa inversiones Wamu SAS-Pronto aves*. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Fundación Universidad de América. 2018. pp. 21-100. [Consulta: 2022-02-9]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6925/1/6112771-2018-2-IQ.pdf>.

**ARIAS, P & VALDIVIESO, L.** "Reporte de Laboratorio Prueba de Jarras". [en línea], 2018, (Ecuador) pp. 2-6, [Consulta: 9 febrero 2022]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56998037/Jar\\_Test\\_Lab\\_Report-with-cover-page-v2.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56998037/Jar_Test_Lab_Report-with-cover-page-v2.pdf).

**ASTORGA CAPAJAÑA, Elvis.** Tratamiento de lixiviados del botadero de residuos sólidos de la ciudad de Puno con surfactantes aniónicos. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú. 2018. p.11. [Consulta:2022-01-25]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10647>.

**FÚQUENE, D. & YATE, A.** "Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales". *Documentos de Trabajo ECAPMA*, [En línea], 2018, (Colombia) 2 (1), pp.1-7 [Consulta:12 febrero 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2771>.

**RUBIO DÁVILA, Daniela, & SARAVIA RODAS, Jorge Alberto.** Optimización en la remoción de turbidez mediante prueba de jarras empleando Quitosano a partir de las escamas del *Trachurus murphyi*. [en línea] (Trabajo de titulación). (pregrado) Universidad Peruana Unión. 2020. pp.1-15. [Consulta:2022-02-9]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3191>.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA (MAAE).** *Acuerdo Ministerial 97a*. [En línea], 2015, [Consulta:8 febrero 2022]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>.

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN) 2169: 2013.** *Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras. Instituto Ecuatoriano De Normalización.*

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN) 2176 :2013** "Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176 : 2013 Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Técnicas De Muestreo.

**HACH COMPANY.** Manual de análisis de agua. [en línea], 2000, (EE.UU.) 3(970), p.220. [Consulta: 16 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984469>.

**AQLAB, LABORATORIO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN AMBIENTAL.** Análisis físicos químicos del agua. [en línea], 2019, (Ecuador) pp. 1-7. Disponible en: <https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/SAE-LEN-14-009.pdf>.

**GÁLVEZ, A.** Aplicabilidad de procesos de coagulación-floculación y de sistema de biopelícula en el tratamiento de lixiviados de vertederos de residuos urbanos. [En línea], 2008, (Medellín)18(35),p.1-23. [Consulta:20 junio 2022] ISSN 2248-4094.Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242019000200125](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242019000200125).

**BRADLEY, R.L.** Moisture and Total Solids Analysis BT - Food Analysis. En: S.S. NIELSEN (ed.). Boston, MA: Springer US,2010. [Consulta:2021-02-9]. Disponible en: doi:10.1007/978-1-4419-1478-1\_6.

**GARCÍA, Paula Fernanda.** *Manejo y Tratamiento de Lixiviados en Rellenos Sanitarios: Revisión bibliográfica y Experiencia en Planta de Tratamiento de Lixiviados de Navarro.* [En línea], 2019.(Trabajo de titulación).(Maestría) Universidad Santiago de Cali.(Colombia).Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/677/MANEJO?sequence=1>.

**DJEFFAL, K., BOURANENE, S., FIEVET, P., DÉON, S. y GHEID, A.** Treatment of controlled discharge leachate by coagulation-flocculation: *influence of operational conditions.* *Separation Science and Technology*, [En línea], 2019, (Souk - Ahras) 56(1),pp. 168–183. [Consulta:26 diciembre 2021]. ISSN: 0149-6395.Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1708114>.

**MORÁN, Susana.** *Ecuador, ahogado en basura, está lejos de cumplir las metas de los ODS al 2030.* *Plan V* [blog]. [Consulta:19 febrero 2022]. 2020.Disponible en: <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/ecuador-ahogado-basura-esta-lejos-cumplir-metas-ods-al-2030>.

**SÁEZ, A. & URDANETA, J.** Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, [en línea],2014,(Venezuela) 20(3), pp. 121–135. [Consulta:2022-02-9]. ISSN 1315-8856.Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf> .

**YOUCAI, Z.** Chapter 1 - *Leachate Generation and Characteristics.*, [en línea]2018,( Butterworth-Heinemann)pp.1-30 [Consulta:10 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X05001418>.

Leonardo Medina  
03-10-2022.

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje  
Espoch  
Ing. Leonardo Medina M. Sc.  
ANALISTA DE BIBLIOTECA I.

## ANEXOS

### ANEXO A: SOLICITUD PARA INGRESAR AL RELLENO SANITARIO Y LABORATORIO

Shushufindi, 01 de septiembre del 2021

Ing.  
Esperanza Torres  
ALCALDE DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN DE SHUSHUFINDI  
Presente,

De mis consideraciones:

Reciba un cordial y atento saludo de: GABRIELA BETZABETH CEDEÑO CASTRO con cedula N°-2100693650, a la vez desearle éxitos en las funciones a usted encomendadas en beneficio del cantón.

Como estudiante de octavo Nivel de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Orellana de la especialidad de Ingeniería Ambiental, le SOLICITO de la manera especial me autorice el ingreso a las instalaciones del relleno sanitario del cantón de Shushufindi que se encuentra vía palmeras más conocido como Incinerox para realizar **MI TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR (TESIS)**, enfocado a los tratamientos de los lixiviados.

Adicional solicitándole igual me ayuden con los reactivos y equipos que se utilizaran para la determinación de los principales parámetros de la normativa establecida, que se detalla a continuación en los análisis de los lixiviados, durante el tiempo establecido de la elaboración de mi TESIS.

Los parámetros que se utilizarían en los análisis son:

- Prueba de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) ✓
- Demanda Química De Oxígeno (DQO) ✓?
- Sólidos Suspendidos Totales (SST) - do po
- Cloruros ✓
- Potencial de hidrogeno (pH) ✓
- Poliformes ✓

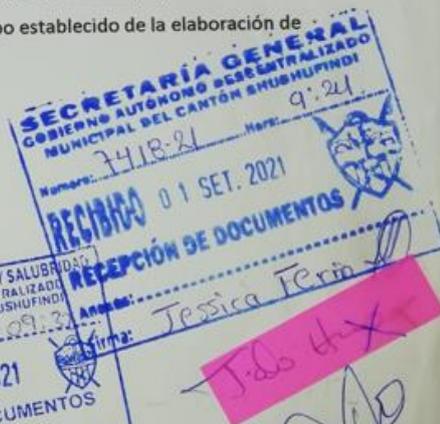
Equipos que se necesitan

- Prueba de jarra ✓
- Turbidímetro ✓
- Entre otros equipos que se necesitaría para la realización de este proyecto de tesis.

Esperando contar con una respuesta favorable, desde ya le reitero mis más sinceros agradecimientos de consideración, estima y respeto que usted se merece.

Atentamente,

  
Gabriela Betzabeth Cedeño Castro  
SOLICITANTE  
C.I: 2100693650



Autorizado

**ANEXO B: TOMA DE MUESTRA DESDE EL EXTERIOR DE LA SISTERNA**



**ANEXO C: TOMA DE MUESTRA DESDE EL INTERIOR DE LA SISTERNA**



**ANEXO D: MATERIALES A UTILIZAR PARA LA PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN**



**ANEXO E: PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES**



**ANEXO F: PRUEBA DE CAMPO INICIAL**



**ANEXO G: FILTRACIÓN DEL LIXIVIADO**



**ANEXO H: ANÁLISIS DE HIERRO TOTAL**



**ANEXO I: DETERMINACIÓN DE ACEITES  
Y GRASAS**



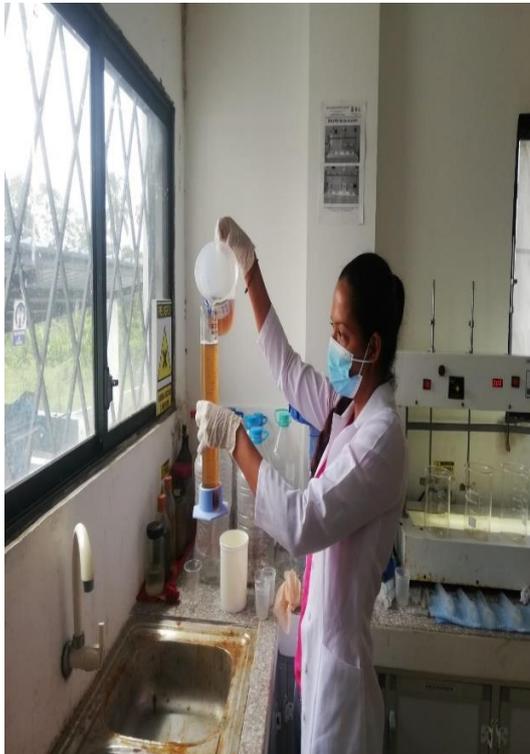
**ANEXO J: DETERMINACIÓN DE LA  
ALCALINIDAD**



**ANEXO K: DETERMINACIÓN DE  
COLIFORMES**



**ANEXO L: MEDICIÓN DEL LIXIVIADO**



**ANEXO M: APLICACIÓN DE LA PRUEBA  
DE JARRA**



**ANEXO N: OBSERVACIÓN FORMACIÓN DE LOS FLOCS**



**ANEXO Ñ: FILTRACIÓN DEL LIXIVIADO DESPUÉS DEL RATAMIENTO**



**ANEXO O: LIXIVIADO CLARIFICADO**



**ANEXO P: MEDIDA DE LA TURBIEDAD**



# ANEXO Q: RESULTADO MUESTRA INICIAL LIXIVIADO CRUDO



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación  
N° SAE LEN 14-009

## INFORME DE ENSAYO N° 16 693 a

### INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Coca, 21 de enero de 2022

Empresa:	CEDEÑO CASTRO GABRIELA BETZABETH.		
Solicitado por:	Srta. Gabriela Cedeño.	Dirección:	Lago Agrio.
Toma de muestra:	Srta. Gabriela Cedeño.	Fecha y Hora:	12/01/2022 8:40
Identificación de la muestra:	Aguas Descarga Relleno Antes del Tratamiento M1, Locación Relleno Sanitario Shushufindi.		

### INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	12/01/2022	16:40
Fecha Final de Análisis:	21/01/2022	

Condiciones Ambientales	T max:	32 °C
	T min:	22 °C

Coordenadas UTM 18M	X:315839,29 Y:9976854,84
---------------------	-----------------------------

### PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Límite Permitido ®	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
*Bario	SM 3030 B, 3111 D / 34	2,0	mg/L	0,423	~
*Cadmio	SM 3030 B, 3111 B / 33	0,02	mg/L	0,005	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 D / 08	100	mg/L	150	~
*Demanda química de Oxígeno	SM 5220 D / 07	200	mg/L	525	~
*Níquel	SM 3030 B, 3111 B / 33	2,0	mg/L	0,054	~
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+B / 01	6,0 - 9,0	~	7,62	~

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental.  
Normas de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Acuerdo Ministerial N° 097-A 04 Noviembre 2015.  
Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

### REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.



Ing. Armando Meléndez  
DIRECTOR TÉCNICO  
AUTORIZADO

16 693 a

**ANEXO R: ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON SULFATO DE ALUMINIO Y FLOCULANTE 5**



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación  
N° SAE LEN 14-009

**INFORME DE ENSAYO N° 16 693 b**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

Coca, 21 de enero de 2022

Empresa:	CEDEÑO CASTRO GABRIELA BETZABETH.		
Solicitado por:	Srta. Gabriela Cedeño.	Dirección:	Lago Agrio.
Toma de muestra:	Srta. Gabriela Cedeño.	Fecha y Hora:	12/01/2022 12:50
Identificación de la muestra:	Aguas Descarga Despues del Tratamiento M2, Locación Relleno Sanitario Shushufindi.		

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

Fecha y hora ingreso al Laboratorio	12/01/2022	16:40
Fecha Final de Analisis:	21/01/2022	

Condiciones Ambientales	T max:	32 °C
	T min:	22 °C

Coordenadas UTM 18M	X:315839,29 Y:9976854,84
---------------------	-----------------------------

**PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS**

Parámetros / Analisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Límite Permitido ®	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
*Bario	SM 3030 B, 3111 D / 34	2,0	mg/L	0,381	-
*Cadmio	SM 3030 B, 3111 B / 33	0,02	mg/L	0,005	-
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 D / 08	100	mg/L	100	-
Demanda química de Oxígeno	SM 5220 D / 07	200	mg/L	330	± 18%
*Niquel	SM 3030 B, 3111 B / 33	2,0	mg/L	0,057	-
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+B / 01	6,0 - 9,0	-	7,43	± 0,05

**Fuente:** Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Acuerdo Ministerial N° 097-A-04 Noviembre 2015. Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por El cliente.  
Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



Ing. Armando Meléndrez  
**DIRECTOR TÉCNICO  
AUTORIZADO**

16 693 b

**ANEXO S: ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON SULFATO DE ALUMINIO  
CON FLOCULANTE 7**



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación  
Nº SAE LEN 14-009

**INFORME DE ENSAYO Nº 16 693 e**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

Coca, 21 de enero de 2022

Empresa:	CEDSTRO GABRIELA BETZABETH.		
Solicitado por:	Srta. Cedeño.	Dirección:	Lago Agrio.
Toma de muestra:	Srta. Gabriela Cedeño.	Fecha y Hora:	12/01/2022 12:52
Identificación de la muestra:	Aguas Descarga Despues del Tratamiento M3, Locación Relleno Sanitario Shushufindi.		

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

Fecha y hora ingreso al laboratorio:	12/01/2022	16:40	Condiciones Ambientales	T max: 32 °C
Fecha Final de Análisis:	21/01/2022			T min: 22 °C

Coos	X:315839,29
UT	Y:9976854,84

**PARÁMETROS, MÉTODOS DE REFERENCIA y RESULTADOS**

Parámetros / Análisis Sdo	Método de Referencia ITE-AQLAB	Límite Permitido ®	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
*Bario	SM 3030 B, 3111 D / 34	2,0	mg/L	0,267	~
*Cadmio	SM 3030 B, 3111 B / 33	0,02	mg/L	0,005	~
*Demanda Bioquímica de oxígeno	SM 5210 D / 08	100	mg/L	95	~
Demanda química de Oxígeno	SM 5220 D / 07	200	mg/L	321	± 18%
*Níquel	SM 3030 B, 3111 B / 33	2,0	mg/L	0,034	~
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+B / 01	6,0 - 9,0	~	7,63	± 0,05

**Fuente:**

Reglamento Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental.  
Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Acuerdo Ministerial Nº 097-A-04 Noviembre 2015.  
Tabla 9 Límite descarga a un cuerpo de agua dulce

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente.  
Los límites permisibles de las Normas (®) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
El informe sólo afecta a la muestra enviada a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



  
 Ing. Armado Meléndez  
**DIRECTOR TÉCNICO**  
**AUTORIZADO**

**ANEXO T: ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO POLICLORURO DE ALUMINIO  
CON FLOCULANTE 5**



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación  
N° SAE LEN 14-009

**INFORME DE ENSAYO N° 16 693 d**

**INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**

Coca, 21 de enero de 2022

Empresa:	CEDENO CASTRO GABRIELA BETZABETH.		
Solicitado por:	Srta. Gabriela Cedeño.	Dirección:	Lago Agrio.
Toma de muestra:	Srta. Gabriela Cedeño.	Fecha y Hora:	12/01/2022 12:55
Identificación de la muestra:	Aguas Descarga Despues del Tratamiento M4, Locación Relleno Sanitario Shushufindi.		

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	12/01/2022	16:40
Fecha Final de Analisis:	21/01/2022	

Condiciones Ambientales	T max:	32 °C
	T min:	22 °C

Coordenadas	X:315839,29
UTM 18M	Y:9976854,84

**PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS**

Parámetros / Analisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Límite Permitido <sup>(*)</sup>	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
<sup>1</sup> Bario	SM 3030 B, 3111 D / 34	2,0	mg/L	0,263	~
<sup>2</sup> Cadmio	SM 3030 B, 3111 B / 33	0,02	mg/L	0,005	~
<sup>3</sup> Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 D / 08	100	mg/L	80	~
Demanda química de Oxígeno	SM 5220 D / 07	200	mg/L	282	± 18%
<sup>4</sup> Niquel	SM 3030 B, 3111 B / 33	2,0	mg/L	0,034	~
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+B / 01	6,0 - 9,0	-	7,56	± 0,05

**Fuente:** Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental.  
Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Acuerdo Ministerial N° 097-A-04 Noviembre 2015.  
Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

**REFERENCIA Y OBSERVACIONES:**

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por El cliente.

Los límites permisibles de las Normativas <sup>(\*)</sup> y los ensayos marcados con <sup>(\*)</sup> no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



Ing. Armando Mejendrez  
**DIRECTOR TECNICO  
AUTORIZADO**

16 693 d

ANEXO U: ANÁLISIS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON POLICLORURO DE ALUMINIO Y FLOCULANTE 8



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación  
N° SAE LEN 14-009

INFORME DE ENSAYO N° 16 693 e

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Coca, 21 de enero de 2022

Empresa:	CEDEÑO CASTRO GABRIELA BETZABETH.		
Solicitado por:	Srta. Gabriela Cedeño.	Dirección:	Lago Agrio.
Toma de muestra:	Srta. Gabriela Cedeño.	Fecha y Hora:	12/01/2022 13:00
Identificación de la muestra:	Aguas Descarga Despues del Tratamiento M5, Locación Relleno Sanitario Shushufindi.		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	12/01/2022	16:40
Fecha Final de Analisis:	21/01/2022	

Condiciones Ambientales	T max:	32 °C
	T min:	22 °C

Coordenadas	X:315839,29
UTM 18M	Y:9976854,84

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Analisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Límite Permitido ®	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
*Ario	SM 3030 B, 3111 D / 34	2,0	mg/L	0,198	~
*Cadmio	SM 3030 B, 3111 B / 33	0,02	mg/L	0,005	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 D / 08	100	mg/L	90	~
Demanda química de Oxígeno	SM 5220 D / 07	200	mg/L	297	± 18%
*Niquel	SM 3030 B, 3111 B / 33	2,0	mg/L	0,019	~
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+B / 01	6,0 - 9,0	~	7,46	± 0,05

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Acuerdo Ministerial N° 097-A 04 Noviembre 2015. Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.  
Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.  
Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



*[Firma]*  
Ing. Armando Melendrez  
DIRECTOR TÉCNICO  
AUTORIZADO

16 693 e



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29 / 09 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Gabriela Betzabeth Cedeño Castro
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

Leonardo Medina  
03-10-2022



1769-DBRA-UTP-2022