

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la penca de tuna (opuntia ficus-indica) asistida con el jacinto de agua (eichhornia crassipes) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo,2023”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Echevarría Morales, Luis Oliver

ASESOR: Calixto Vargas, Simeón Edmundo

HUÁNUCO – PERÚ

2024



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniera ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título
Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72073080

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22471306

Grado/Título: Maestro en administración de la educación

Código ORCID: 0000-0002- 5114-4114

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Zacarias Ventura, Héctor Raúl	Doctor en ciencias de la educación	22515329	0000-0002-7210-5675
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Vásquez Baca, Yasser	Título oficial de master universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:15 horas del día 26 del mes de julio del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Dr. Hector Raúl Zacarias Ventura (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Yasser Vasquez Baca (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1597-2024-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL SULFATO FÉRRICO Y LA PENCA DE TUNA (Opuntia ficus-indica) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (Eichhornia crassipes) PARA LA REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023"**, presentado por el (la) Bach. **ECHEVARRIA MORALES, LUIS OLIVER**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 1.5 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 17:15 horas del día 26 del mes de Julio del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Hector Raúl Zacarias Ventura
DNI: 22515329
ORCID: 0000-0002-7210-5675
Presidente

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario

Mg. Yasser Vasquez Baca
DNI: 42108318
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LUIS OLIVER ECHEVARRÍA MORALES, de la investigación titulada "Comparación de la capacidad de adsorción del Sulfato férrico y la Penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo, 2023", con asesor SIMEÓN EDMUNDO CALIXTO VARGAS, designado mediante documento, con RESOLUCIÓN N° 1384-2022-D-FI-UDH del P.A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 05 de julio de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

14. Echavarría Morales, Luis Oliver.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	13%	6%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Expreso mi dedicación a mis padres, cuyo apoyo incondicional, comprensión y amor han contribuido a mi desarrollo como individuo, motivo de mi profundo orgullo. Asimismo, mi agradecimiento se extiende a todas las personas que me brindaron la motivación necesaria para llevar a cabo este trabajo sin desistir, mediante sus preguntas, sugerencias, consejos y apoyo. Gracias a ellos, logré culminar y experimentar la satisfacción de alcanzar uno de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud a Dios por brindarme una valiosa experiencia durante mi trayectoria universitaria, permitiéndome convertirme en una profesional en el campo que tanto me apasiona.

Quiero agradecer a mi familia por ser los principales motivadores que me impulsaron a esforzarme continuamente y a no defraudar la confianza que depositaron en mí.

Asimismo, mi agradecimiento se extiende a los docentes que formaron parte de este proceso, ya que, a través de sus enseñanzas y experiencias compartidas, enriquecieron mi conocimiento en esta área que elegí y contribuyeron a mi formación como un profesional destacado.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	27
2.2. BASES TEÓRICAS	29
2.2.1. CAPACIDAD DE ADSORCIÓN	29
2.2.2. SULFATO FÉRRICO	31
2.2.3. USOS DEL SULFATO FÉRRICO	31
2.2.4. PENCA DE TUNA	32
2.2.5. EICHHORNIA CRISPÉ O JACINTO DE AGUA	36

2.2.6.	REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS	41
2.2.7.	DEFINICIÓN DE LIXIVIADO	41
2.2.8.	COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LIXIVIADO .	42
2.2.9.	MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE (DBO5, DQO).	43
2.2.10.	COMPUESTOS NITROGENADOS	44
2.2.11.	SALES (SULFUROS, CARBONATOS, CLORUROS, ETC.)	44
2.2.12.	METALES PESADOS.....	44
2.2.13.	MICROORGANISMOS EN LOS LIXIVIADOS.....	44
2.2.14.	TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS DE LIXIVIADO.....	45
2.2.15.	TRATAMIENTO AEROBIO.....	45
2.2.16.	TRATAMIENTO ANAEROBIO.....	45
2.2.17.	RESIDUOS SÓLIDOS.....	46
2.2.18.	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	47
2.2.19.	MARCO NORMATIVO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ	51
2.2.20.	CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	52
2.2.21.	ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	53
2.2.22.	MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	53
2.2.23.	DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.....	55
2.2.23.	RELLENOS SANITARIOS.....	56
2.2.24.	CLASIFICACIÓN DE LOS RELLENOS SANITARIOS	57
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	60
2.4.	HIPÓTESIS.....	63
2.5.	VARIABLES.....	63
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	63
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	63
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	64
CAPÍTULO III.....		65
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		65
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	65
3.1.1.	ENFOQUE.....	65

3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	66
3.1.3.	DISEÑO.....	66
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	67
3.2.1.	POBLACIÓN.....	67
3.2.2.	MUESTRA	68
3.2.3.	UBICACIÓN.....	68
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	68
3.3.1.	TÉCNICA.....	68
3.3.2.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	71
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	72
	CAPITULO IV.....	73
	RESULTADOS.....	73
	CAPÍTULO V.....	89
	DISCUSIONES DE RESULTADOS	89
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES.....	92
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
	ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del Nopal	33
Tabla 2 Composición química de cien gramos de nopal fresco	34
Tabla 3 Composición química de cladodios de diversas edades (porcentaje materia seca)	35
Tabla 4 Taxonomía de la Eichhornia crassipes	36
Tabla 5 Clasificación y composición de los lixiviados	43
Tabla 6 Normativa para la gestión de residuos sólidos.....	51
Tabla 7 Instalaciones de Disposición Final a nivel nacional	56
Tabla 8 Operacionalización de variables	64
Tabla 9 Diseño experimental	67
Tabla 10 Localización de la población	68
Tabla 11 Técnicas e instrumentos	71
Tabla 12 Parámetros de la muestra inicial y final.....	74
Tabla 13 Parámetros físicos iniciales y finales.....	75
Tabla 14 Estadísticas descriptivas para DBO (mg/L) inicial y final	76
Tabla 15 Estadísticas descriptivas para Sólidos Totales Suspendidos (mg/L), inicial y final.....	78
Tabla 16 Estadísticas descriptivas para DQO (mg/L)	80
Tabla 17 Análisis descriptivo para coliformes fecales.....	81
Tabla 18 Cálculo del sig.(bilateral) DBO (Demanda Bioquímica Oxígeno) ..	82
Tabla 19 Cálculo del sig.(bilateral) STS Sólidos Totales Suspendidos.....	84
Tabla 20 Cálculo del sig.(bilateral) DQO Demanda Química Oxígeno.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la (opuntia ficus-indica)	34
Figura 2 Morfología de una macrofitas flotante (Eicchornia crassipes).....	38
Figura 3 Jacinto de Agua	40
Figura 4 Eichhornia Crassipes	40
Figura 5 Clasificación de los residuos sólidos	49
Figura 6 Características de Peligrosidad de los Residuos.....	50
Figura 7 Diseño de un relleno sanitario manual.....	57
Figura 8 Diseño de un relleno semi-mecanizado	58
Figura 9 Diseño de un relleno sanitario mecanizado	58
Figura 10 Modelo de una celda transitoria de un relleno sanitario.....	59
Figura 11 Parámetros químicos iniciales y finales	74
Figura 12 Parámetros físicos iniciales y finales	75
Figura 13 Análisis descriptivo para el DBO (mg/L) inicial y después en los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua)	77
Figura 14 Análisis descriptivo para los Sólidos Totales Suspendidos (mg/L) inicial y después en los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua).....	79
Figura 15 Análisis descriptivo para la Demanda Química de Oxígeno (mg/L) inicial y después en los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua).....	81
Figura 16 Análisis diferencial entre las dos muestras de la DBO (Demanda Bioquímica Oxígeno) tanto en el grupo grupos XR (sulfato férrico) la muestra y YR (penca más jacinto de agua) son diferentes medias, donde la muestra 1 sulfato férrico producen una resistencia superior a la muestra 2 penca más jacinto	84
Figura 17 Análisis diferencial entre las dos muestras de la Sólidos Totales Suspendidos (mg/L) (tanto en el grupo grupos XR (sulfato férrico) la muestra y YR (penca más jacinto de agua) son diferentes medias, donde la muestra 1 sulfato férrico producen una resistencia superior a la muestra 2 penca más jacinto	86
Figura 18 El análisis diferencial entre las dos muestras de la DQO (Demanda Química Oxígeno), tanto en el grupo grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca	

más jacinto de agua son diferentes medias, donde la muestra 1 sulfato
férico producen una resistencia media superior a la muestra 2 penca más
jacinto 88

RESUMEN

La investigación titulada “Comparación de la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo,2023” tuvo como objetivo comparar la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la Penca de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo, 2023. El tipo de metodología es de tipo prospectivo, con intervención, analítico asimismo longitudinal; con un enfoque cuantitativo, de nivel aplicativo y de diseño experimento verdadero. Los datos estadísticos se realizaron en el software estadístico IBM SPSS y con software Excel 2016 el análisis estadístico de tablas y gráficas. El **resultado** del estudio indica que no es diferente la comparación de adsorción del sulfato férrico y la Penca de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo,2023.Considerando un nivel de significancia de 5% y obteniendo un valor en la DBO (Demanda Química de Oxígeno) (0.489 y 0.503), los STS (Solidos Totales Suspendidos) de (0.485 y 0.485) y en la DQO (Demanda Química de Oxígeno) de (0.688 y 0.694), el cual es superior al nivel de significancia, se **concluyó** que se tuvo que aceptar la hipótesis nula, demostrando no hay suficiente evidencia para rechazar las medias de los grupos son iguales.

Palabras claves: Rellenos sanitarios, remediación, adsorción, sulfato férrico, penca de tuna, jacinto de agua.

ABSTRACT

The research titled “Comparison of the adsorption capacity of ferric sulfate and prickly pear leaf (*Opuntia ficus-indica*) assisted with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for the remediation of leachate from a landfill, Ambo, 2023” had as objective to compare the adsorption capacity of ferric sulfate and Prickly Pear Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*) assisted with Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for the remediation of leachate from a landfill, Ambo, 2023. The type of methodology is prospective type, with intervention, also longitudinal analytical; with a quantitative approach, application level and true experimental design. The statistical data were carried out in the IBM SPSS statistical software and the statistical analysis of tables and graphs was carried out with Excel 2016 software. The result of the study indicates that the comparison of adsorption of ferric sulfate and Prickly Pear Leaf (*Opuntia ficus-indica*) assisted with Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for the remediation of leachate from a landfill is not different, Ambo, 2023. Considering a significance level of 5% and obtaining a value in the BOD (Chemical Oxygen Demand) (0.489 and 0.503), the TSS (Total Suspended Solids) of (0.485 and 0.485) and the COD (Chemical Oxygen Demand) of (0.688 and 0.694), which is higher than the level of significance, it was concluded that the null hypothesis had to be accepted, demonstrating that there is not enough evidence to reject the means of the groups being equal.

Keywords: Landfills, remediation, adsorption, ferric sulfate, prickly pear cactus, water hyacinth.

INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos de gran relevancia a nivel global se relaciona con la gestión de todo residuo sólido, que generalmente acaban siendo destinados a vertederos o rellenos sanitarios. Dichos rellenos sanitarios representan una alternativa que más ampliamente empleados para la disposición final de dichos residuos cuya característica es sólida en todo el planeta, dado que demostraron que son una alternativa más económica referente al aprovechamiento como también los costes asociados a la eliminación de desechos. En el 2021 en el Perú se produjo un total de 8 millones 214,355.90 toneladas de residuos sólidos municipales en ese año, y tan solo el 32,2% se disponen en rellenos sanitarios.

Estos rellenos sanitarios generan una gran proporción de los compuestos como resultado de la descomposición de todo residuo a lo largo de su respectivo lapso de vida. En cuanto a los contaminantes de característica líquida formados en estos lugares se deben, principalmente, a la lixiviación, que se produce cuando el agua atraviesa los residuos y arrastra componentes desde los sólidos hacia el líquido. Este fenómeno se convierte en un problema ambiental debido a la composición de los lixiviados, que incluye compuestos que son orgánicos xenobióticos, materia de tipo orgánico disuelto, metales pesados como también componentes de tipo inorgánico en gran medida, ello conlleva a la necesidad de un tratamiento adecuado.

Esta problemática genera la necesidad de explorar enfoques innovadores que reduzcan el impacto ambiental. Una de las soluciones consiste en la fitorremediación, que implica la utilización de vegetación para rehabilitar ecosistemas dañados por la contaminación. Esta técnica ha ganado mayor importancia a partir del siglo XX gracias al desarrollo de tecnologías especializadas. La fitorremediación puede aplicarse tanto en el lugar afectado (in situ) como fuera de él (ex situ) y se beneficia de la eficacia que muestran las plantas, que llegan a usarse, sobre la supresión de los contaminantes. Entonces, el tratamiento de lixiviados mediante la utilización de las especies denominadas macrófitas, también a la cual se le conoce como un sistema

natural, conduce a la eliminación de una cantidad considerable de sustancias contaminantes.

Llegan a ser plantas de clasificación acuática las macrófitas, con habilidades de purificación del recurso hídrico que aprovechan los componentes presentes en las aguas residuales para su crecimiento. La utilización de dichas plantas llegó a contribuir al tratamiento que se le aplica al agua residual de manera global, y en Perú se ha llevado a cabo diversos estudios con la finalidad de que la agrupación de contaminantes presentes en los lixiviados llegue a disminuir, lo que conlleva a menores costos operativos y de mantenimiento.

La meta fundamental del vertedero sanitario en Ambo consiste en la eliminación definitiva de los desechos. Los lixiviados originados debido a la desintegración de los desechos son resguardados en un recipiente, en ocasiones, superan su capacidad, originando filtraciones que repercuten negativamente en el entorno ecológico y la salud pública.

El presente estudio de investigación se realizó estudiar la comparación de adsorción del Sulfato férrico y la Penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo, 2023. El presente estudio de investigación se detalla de la siguiente manera:

Capítulo 1, encontramos el planteamiento del problema, describiendo la situación de la problemática, así señalando los objetivos. Igualmente se presenta las limitaciones, viabilidad y justificación de porque se realiza el estudio.

Capítulo 2, el marco teórico, presentando los antecedentes de los estudios relacionados, que permitieron, para la discusión de resultado más adelante. Asimismo, se presenta las bases teóricas relacionadas con las variables.

Capítulo 3, se presenta la estrategia seguida en ejecutar el presente estudio, identificando el tipo y nivel de estudio, así como el enfoque, diseño,

población y muestra considerados. Se presenta la estrategia seguida para la recolección de datos.

Capítulo 4, tenemos los resultados, presentados en tablas y gráficos, ordenados de acuerdo a los objetivos planteados en el estudio.

Capítulo 5, se desarrolla la discusión de resultados, así como se presenta las conclusiones y recomendaciones pertinente

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCION DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad, la problemática de la producción de desecho sólido en gran cantidad viene a ser una causa primordial de la polución ambiental. El incremento respecto a la demanda de los servicios referentes a la pulcritud asimismo la producción de desechos sólidos en proporciones considerables llega a ser ocasionado debido al rápido desarrollo demográfico. Llega a ser utilizado el relleno sanitario para la disposición final, siendo una zona elegida de manera adecuada para el depósito de la totalidad de residuos producidos con tal de evitar los focos infecciosos como también la disgregación de dichos residuos.

Pero, usualmente ciertas problemáticas se hacen presentes en debido a la descomposición de la materia de tipo orgánico que se encuentra en dichos residuos producidos debido a los gases originados de la degradación de líquidos con elevadas acumulaciones de materia disuelta en forma de sólidos (lixiviados) como también ácidos orgánicos y de ácidos orgánicos (biogás). Dichos lixiviados vienen a ser líquidos de tonalidad oscura la cual es originada debido al agua la cual ingresa al relleno mediante la lluvia y a la degradación de la materia de tipo orgánico, dicha agua llega arrastrar partículas y disolver sustancias de los residuos. Respecto a los componentes de dicho lixiviado, llegan a coincidir en tener una carga orgánica elevada, además llega a variar conforme a las lluvias en la zona, tipo de residuo, velocidades degradación química, entre otras características de la zona.

Llega a depender de varios factores la producción de lixiviados: la cobertura de campo del relleno, humedad atmosférica, grado tanto de la humedad inicial del desecho como de su compactación, precipitación pluvial, material de cubierta de las celdas, evaporación, infiltración, T°, escurrimiento, evapotranspiración, entre otros. Por ende, es posible afirmar que viene a ser dificultoso calcular la proporción respecto al lixiviado originado en el relleno

sanitario a comparación que en un terreno en su estado natural. Siendo para ello una causa la composición como también estructura que presentan los residuos (cinco al treinta por ciento de material pequeño) la cual llega a impedir el humedecimiento del relleno de manera igual, Haciendo que usualmente se formen canales gruesos de dichos lixiviados (Lu et.al., 1985). Aparte la proporción elevada de sustancias de tipo orgánico de los residuos, al llegar a encontrarse sometidos a los procesos de reacción de tipo bioquímico, llegan a producir en estructura de dicho relleno.

En consecuencia, a las cargas orgánicas elevadas, la incorporación de procesos tanto biológico como físico químico (anaerobio y/o aerobio) viene a ser una práctica usual de los sistemas enfocados al tratamiento de lixiviados. La supresión de partículas en suspensión del líquido es en lo que consiste el tratamiento de tipo fisicoquímico dado mediante la acción de los coagulantes (polielectrolitos y/o sales metálicas). Incorpora el proceso de sedimentación, coagulación como también floculación, así mismo el elemento principal para un óptimo proceso viene a ser la determinación del coagulante o una combinación de estos siendo los más eficientes relacionándose con las propiedades de tipo fisicoquímico que tenga el líquido como su pH, alcalinidad, acumulación de partículas en suspensión, manera de agregación de sólidos, carga eléctrica de los sólidos en suspensión llegan a tener más importancia que la acumulación orgánica absoluta, ante todo de la fracción soluble. En cuanto a los coagulantes que llegan a ser más usados son los polielectrolitos que son sustancias de tipo orgánico, así mismo sales metálicas (poliférrico o cloruro férrico como también sulfato, cloruro de aluminio como también sulfato, entre otros). En 2 etapas de tipo biológico llega a darse la descomposición de residuos para producirse los lixiviados siendo dichas etapas anaeróbica y aeróbica.

Hay diversos antecedentes respecto al tratamiento anaerobio como también aerobio de dichos lixiviados, los cuales se dieron en un laboratorio como también a una escala real.

En la actualidad en el departamento de Huánuco existen dos rellenos sanitarios que están localizados, en el Distrito de Llata y Provincia de Ambo.

Teniendo considerado dicho problema llegó a realizarse una respectiva inspección al ámbito local, en el relleno sanitario de la provincia de Ambo, siendo este muy afectado por los lixiviados, ya que no existe una adecuada última disposición de dichos residuos. La presente investigación se enfocó en realizar un estudio mediante muestreos, con el propósito de comparar la capacidad de adsorción entre un insumo químico (sulfato férrico) y penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*), con tal de tratar la remediación respecto a los lixiviados producidos el relleno sanitario localizado en Ambo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados, de un relleno sanitario, Ambo 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son los parámetros físicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados, de un relleno sanitario, Ambo 2023?

¿Cuáles son los parámetros químicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados, de un relleno sanitario, Ambo, 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la Penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de agua (*Eichhornia*

crassipes) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo, 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir los parámetros físicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados, de un relleno sanitario, Ambo, 2023.

Describir los parámetros químicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados, de un relleno sanitario, Ambo, 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el estudio a presentar, se llegó a aplicar esta iniciativa con el propósito de sustituir la sustancia química (sulfato férrico) por un procedimiento que no cause daño al entorno, empleando ingredientes de origen natural como lo que viene a ser el *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) como también la *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna) con tal de abordar la remediación de los lixiviados de un vertedero sanitario, Ambo, 2023.

Así mismo, realizando este estudio tengo la ambición de encontrar una opción sostenible para la remediación de lixiviados, de los cuales generan enfermedades infecciosas a causa de dichos residuos de característica sólida que no llegan a tratarse de manera correcta, porque solamente llegan a depositarse en el relleno de la provincia de Ambo. Los lixiviados presentan patógenos en abundancia y sustancias de característica tóxica como los constituyentes orgánicos como también metales pesados los cuales contienen cadmio y mercurio que producen lesiones renales y hepáticas. Estos componentes no solo afectan a la salud, sino que también alteran el equilibrio del medio ambiente.

El propósito de esta investigación fue reducir al mínimo y, en la medida de lo posible, erradicar los perjuicios primordiales para la salud derivados de

la inadecuada gestión de desechos, principalmente debido al aumento de criaderos potenciales de vectores que propagan la malaria y el dengue (como la presencia al aire libre de cáscaras de coco, latas, botellas, entre otros).

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la realización del presente proyecto la limitación que tuvimos es la falta de un estudio enfocado a la caracterización de todo residuo sólido originado en la provincia de Ambo, ya que teniendo esta se hubiera podido precisar de manera exacta las cantidades de lixiviados producidos y así saber a qué escala más precisa poder dosificar los coagulantes químicos o naturales.

También la escasa información sobre los problemas que puedan causar el manejo como también uso impropio referente a todo residuo sólido especial o peligroso por esta situación, por lo tanto, fue necesario una capacitación adicional antes de su ejecución referente a la manipulación de todo residuo de característica sólida sean especiales o peligrosos.

Otra limitación se relaciona con el grado de acceso a recursos económicos, materiales y humanos, necesarios para llevar a cabo la labor de concientización ciudadana, así como el nivel de respaldo por parte de las vulcanizadoras y distribuidoras.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio realizado fue viable por las siguientes razones:

En la investigación llegó a optarse por el sistema de remediación por medio del sulfato férrico y *Opuntia ficus-indica* (penca de tuna) asistida con el jacinto de agua (*Eichhornia crassipe*), llegando a ser eficientes en lo que es el tratamiento de lixiviados como también factibles en lo económico. Además, no se requiere de demasiado tiempo para realizar esta investigación.

Se contó con los conocimientos profesionales y técnicos necesarios para realizar el presente estudio. También existen posibilidades de poder difundir

los resultados siendo estos nuevos conocimientos para otras futuras investigaciones.

Por último, el presente estudio es factible por que contó con procesos conocidos para la recolección de información y análisis de datos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mireles & Páramo (2017) de la Universidad Tecnológica, San Carlos la Roncha, llevaron a cabo una investigación titulada *“Tratamiento del lixiviado del antiguo relleno sanitario La Reserva mediante procesos Fenton y fisicoquímico”*, tuvo como **objetivo** lograr la máxima eliminación posible en el tratamiento de los lixiviados del antiguo relleno sanitario La Reserva, empleando procesos Fenton y fisicoquímicos.

Los **resultados** obtenidos revelaron que, en el tratamiento realizado con el sulfato férrico, el Fe^{3+} desempeñó un primordial papel sobre la eliminación de la Demanda Química de Oxígeno, como también turbiedad, importantemente en el momento de la generación de las especies insolubles de hierro las cuales facilitaron el proceso de coagulación-floculación. Se logró la mayor eliminación de DQO, aproximadamente del 77%. No obstante, se concluyó que este sistema no representaba una opción viable debido a los elevados costos operativos, que ascendían a \$75.2 por metro cúbico.

Salas (2016) del Instituto Politécnico Nacional, con la tesis titulada *“Biorremediación de suelo y tratamiento de lixiviados con carbón activado de bambú del ex - basurero a cielo abierto El Zapote”*. Esta investigación tenía como **objetivos** la biorremediación del suelo utilizando lodos residuales (LR) y el tratamiento de lixiviados con carbón activado fabricado a partir del bambú. Dicho estudio también abordó la determinación de los parámetros cinéticos en el transcurso del proceso que involucra la adsorción y todo mecanismo implicado.

Referente a sus **resultados** de la biorremediación revelaron que la acumulación de amonio como también dióxido de nitrógeno llegaron a

incrementar significativamente al principio de la incubación en la totalidad de tratamientos de suelo, ya sea que esté contaminado o no, seguido de una disminución. Además, las acumulaciones referentes al nitrato disminuyeron al principio de la incubación en todos los tratamientos del suelo y aumentaron de manera gradual. Lo cual sugiere que el nitrógeno orgánico que llega a encontrarse en el lodo se mineralice, el cual llegó a transformarse en maneras inorgánicas (nitrato, amonio como también nitrito) por los microorganismos que están en el suelo. En cuanto al carbón activado (CA), las adecuadas condiciones llegaron obtenerse en las muestras que estuvieron carbonizadas a trescientos cincuenta grados centígrados, impregnadas con ácido fosfórico asimismo tratadas de manera térmica a quinientos grados centígrado por ciento veinte minutos. Estas condiciones dieron como resultado un área superficial de aproximadamente $1.226,8 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, un volumen de poro total de alrededor de $1.21 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ y un diámetro de poro de aproximadamente 3.83 nm . Referente al tratamiento al que son sometidos los lixiviados, cuyos datos experimentales **concluyeron** que el carbón activado eliminó al 81,4% del color y redujo la Demanda Química de Oxígeno en 91,6% posterior a 9 horas de reacción a unos sesenta grados centígrados. En cuanto a los metales pesados, la máxima adsorción llegó a lograrse a un pH de 8,0 en 20 minutos, con porcentajes de supresión del ochenta y siete, cuarenta y tres asimismo 30,5 por ciento para lo que es níquel (II), cobre (II) como también plomo (II) de manera respectiva. Un modelo de pseudo-segundo orden demostró ser el más eficiente en la cinética de adsorción para plomo, níquel como también cobre, asimismo llegó a observarse un modelo pseudo-primer orden para Zn. Enormes proporciones de materia de tipo orgánico que cuya descomposición es rápida son contenidos en el lodo que se estudió, llegando a resultar en acrecentamiento de la actividad microbiana, tal como llegó a evidenciarse en la generación del CO_2 , la actividad enzimática como también mineralización del nitrógeno. En resumen, el carbón activado extractado de la especie *Guadua amplexifolia* mostró un potencial significativo como un adsorbente eficaz para la aminoración de la demanda química de oxígeno, supresión tanto

del color como de los iones provenientes de los metales pesados en los lixiviados de todo residuo sólido de las municipalidades.

Chávez (2011) de México, se enfocó en el *“Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.”*, del Centro de Investigación en Materiales Avanzados, con el **objetivo** de eliminar más del 90% de la Demanda Química de Oxígeno en los lixiviados sin dilución.

Estos lixiviados representan una amenaza para la polución del suelo circundante como también de aguas de clasificación subterránea. El estudio propuso cierta metodología la cual llega a mezclar tecnologías innovadoras asimismo enfoques fisicoquímicos enfocados al tratamiento de los lixiviados eludiendo requerir dilución, porque los métodos biológicos no son aplicables a los lixiviados de rellenos sanitarios maduros. El tratamiento se llevó a cabo en 4 etapas, las cuales consideraron: a) los procesos de coagulación/floculación/sedimentación por medio de cierto coagulante que fue inorgánico; b) adsorción usando el carbón encontrándose activado; c) oxidación de tipo químico por medio del reactivo Fenton como también d) membranas de ósmosis inversa. Obtuvo como **resultados** los escenarios adecuados de operación en cada etapa con la finalidad de aumentar eliminación del primordial parámetro: DQO (demanda química de oxígeno). También llegó a realizarse la caracterización de toda remoción posterior a las etapas que involucra el tratamiento para los otros parámetros: SDT (sales disueltas totales), ST (sólidos totales), DBO5 (demanda biológica de oxígeno) como también nitrógeno total. **Concluyó** que las remociones totales posterior al tren completo de tratamiento de noventa y dos, sesenta y ocho, sesenta y tres, cuarenta y seis asimismo cuarenta y cinco por ciento para demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total, sólidos totales como también sales disueltas totales de manera respectiva.

Maldonado, Rodríguez, & Cajiao (2017) de Venezuela con el artículo titulado *“Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios en filtros*

anaerobios de flujo ascendente de dos fases (DI – FAFS)”, en la Universidad de Carabobo, teniendo como **objetivo** tratar los lixiviados empleando un sistema de filtros anaerobios de dos fases con flujo ascendente (DI - FAFS).

Estos lixiviados son conocidos por contener acumulaciones elevadas de materia de tipo orgánico, metales pesados entre otros contaminadores perjudiciales para los cuerpos de agua. Al analizar las propiedades químicas y físicas del lixiviado en cuestión, se pudo categorizar como lixiviado joven, con niveles intermedios de concentración y un pH superior a 8. En el sistema de filtros, se establecieron alturas relativas del 20%, 50% y 80% en la fase ácida, y alturas equivalentes del 80%, 50 % asimismo 20% en la fase metanogénica, lo que completó la altura absoluta perteneciente al filtro. Los DI-FAFS llegaron a operarse con 3 COV (cargas orgánicas volumétricas): baja: 1,80; media: 2,76 como también alta: 3,71 Kg DQO/m³–día, siendo cuyas T° 34, 27 como también 20 °C de manera respectiva. La medición referente a la eficiencia sobre la remoción de la DQO llegó a emplearlo como un parámetro de control; **concluyendo** que el periodo respecto a la retención hidráulica en los DI - FAFS llegó a ser 18±0,5h; asimismo la máxima eficiencia en la eliminación de demanda química de oxígeno que obtuvo fue 72.86 por ciento, con una temperatura de treinta y cuatro grados centígrados asimismo con una relación de alturas (fase ácida / metanogénica) de 20/80, la cual llega a determinar la relación de los volúmenes de las fases ídem de 20/80 de manera igual.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Liberato (2020) De la Universidad Continental realizó la tesis intitulada “Microorganismos eficientes y su efecto en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el centro ecoturístico de protección ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019” Huancayo, Perú. Su **objetivo** llegó a ser el determinar el efecto del uso de microorganismos eficientes en el

tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC.

Dicha tesis llegó a ser del tipo aplicado de corte experimental, además dio comienzo acondicionando las composteras en la que dispuso los residuos de tipo orgánico. Midió los primeros valores respecto a SST (476mg/l), pH (6.31), demanda bioquímica de oxígeno (4592mg/l), conductividad eléctrica (5970 μ S/cm) asimismo demanda química de oxígeno (74737.7mg/l), cuando llegó a originarse los lixiviados. La utilización de los microorganismos eficientes llegó a ser en 3 tratamientos asimismo 1 testigo (tratamiento uno con dosis de un diez por ciento, tratamiento dos con una dosis de quince por ciento, tratamiento tres con una dosis de veinte por ciento). Monitoreó a los lixiviados considerando el pH, turbiedad, conductividad eléctrica, T°; posterior al tratamiento llegó a obtener los **resultados** donde se dieron importantes diferencias respecto a la utilización de distintas cantidades de EM en el lixiviado, llegando a reducir en su tratamiento tres las acumulaciones respecto a demanda química de oxígeno (1627mg/l) asimismo demanda bioquímica de oxígeno (1127mg/l); en el tratamiento dos los SST (131mg/l), en cuanto a conductividad eléctrica no llegó a presentarse una influencia directamente con el empleo de los EM, asimismo referente al valor del pH llegó a aumentar referente al monitoreo inicial llegando a alcanzar las básicas condiciones. **Conclusión**, la utilización de los EM llegó a afectar la calidad perteneciente al lixiviado joven llegando a influir en los respectivos indicadores de tipo fisicoquímico.

Damián (2018) de la Universidad Nacional del Centro del Perú realizó la tesis intitulada “Tratamiento de lixiviados en la etapa de compostaje mediante el proceso de coagulación con mucílago de Opuntia Ficus Indica” Huancayo, Perú. Cuyo **objetivo** llegó a ser disminuir parámetros de carga orgánica es así que la experimentación incluyó los resultados del porcentaje de Remoción de la DQO y la turbidez por medio del tiempo de contacto, de la evaluación de los

indicadores de pH, acumulaciones de coagulante. Inicialmente llegó a caracterizar la muestra del lixiviado de manera fisicoquímica llegando a obtener los **resultados** de turbidez (377UNT), DBO (2925mgO₂/l), DQO (5088mg/l), sólidos totales (7982mg/l), T° (14 grados centígrados) como también pH (8,21). **Concluyó** que la cantidad adecuada referente al coagulante de Opuntia Ficus Indica llegó a ser un gramo por litro, en un tiempo de contacto de treinta minutos asimismo un medio neutro de pH 7, en dichas circunstancias llegó a obtener más disminución en referencia a la DQO 5034,3mg/L hasta 2854,3mg/L, referente a la DBO logró un 57,2 por ciento de remoción, asimismo referente a turbidez disminuyó desde 375,8UNT a 41,1UNT, llegando a lograr la remoción en un 89,06 por ciento.

Perez (2015) de la Universidad Científica del Perú realizaron la investigación titulada “Evaluación de la remoción de contaminantes en lixiviado empleando tres especies de microalgas oleaginosas amazónicas” Iquitos, Perú. Cuyo **objetivo** llegó a ser evaluar la remoción de contaminantes químicos en lixiviado empleando las microalgas Chlorella sp., Scenedesmus quadricauda como también Ankistrodesmus nanoselene. Dichas microalgas fueron cultivadas en un medio CHU10 durante 3 semanas. Posteriormente se les expuso a 2 acumulaciones de lixiviado (1/1 como también 1/2) por triplicado. Además, evaluó 8 parámetros de tipo fisicoquímico cada 48h por nueve días. Hizo con el cloroformo: metanol (2:1) la extracción de los lípidos totales. Sus **resultados** muestran que el Ankistrodesmus nanoselene llegó a mostrar más tasa de desarrollo (0,77 día - 1). Empero, llegó a ser la especie Scenedesmus quadricauda, que llegó a mostrar más desarrollo de su biomasa en el control y en los 2 tratamientos, más % de los lípidos totales. Los compuestos nitrogenados, llegaron a mantenerse en la remoción, el cloruro llegó a variar asimismo el CO₂ aminoró (37-0ppm). Halló importantes diferencias con el pH de nueve ppm para las especies que usó, referente al fósforo, alcalinidad como también dureza. **Concluye** que el periodo de ser expuesto al lixiviado, llegó a inducir al desarrollo significativo de la biomasa microalgal como también

concentración lipídica de la especie de *Scenedesmus quadricauda*; llegando a evidenciar solamente la eliminación en 5 parámetros, mientras que el restante llegó a estar sin alteraciones.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Mayorca (2017) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva realizó como tesis intitulada “Reducción de la carga orgánica en lixiviado estabilizado del botadero municipal de San Ramón mediante oxidación avanzada Foto - Fenton”. Su **objetivo** llegó a ser reducir la carga orgánica en el lixiviado estabilizado del vertedero municipal de San Ramón por medio de la aplicación de oxidación avanzada Foto - Fenton.

Para llevar a cabo este estudio, se empleó un colector parabólico solar con una superficie de 0.41 m² juntamente con un tubo de borosilicato siendo cuyo diámetro dieciséis milímetros. Respecto al proceso Foto-Fenton llegó a basarse en el uso como fuente de energía fotónica a la radiación solar, como catalizador al FeCl₃·6H₂O (tricloruro férrico) asimismo como agente oxidante al H₂O₂ (peróxido de hidrógeno). Llegó a fijarse un primer pH de 3 para el proceso y llegó hacer uso del diseño experimental factorial 3x3 que abarcó 2 factores principales: la relación molar con proporciones de 1:35, 1: 25 como también 1:15 de Fe:H₂O₂, asimismo el lapso respecto a la exposición con períodos de treinta, veinte como también diez minutos. Obtuvo el **resultado** respecto a la relación molar del 1: 25 de Fe: H₂O₂, la tasa de eliminación de la materia de tipo orgánico de un 90.71, 94.38 asimismo 92.67 por ciento. Para la relación molar de 1:15 de Fe:H₂O₂ una eliminación del 85.60, 89.21 como también 88.04 por ciento. **Concluyó** que se dio una cierta eficiencia de eliminación del 86.02, 87.92 asimismo 87.15 por ciento para la relación molar de 1:35 de Fe:H₂O₂. Además, la mayor eficiencia de eliminación de materia de tipo orgánico se dio con la relación molar 1:25 de Fe: H₂O₂ con una exposición solar de 20min, llegando aminorar también los microorganismos fúngicos (cincuenta por ciento) como también bacterianos (treinta y siete por ciento).

Aguilar (2017) de la Universidad Agraria de la Selva realizo la investigación titulada “*Remoción de CD, CR ZN y PH mediante sistema batch con presencia Cajanus cajan (L.) Huth (frijol palo) a nivel de laboratorio*”. Cuyo **objetivo** fue determinar la remoción de metales pesados por medio del sistema batch con presencia Cajanus cajan (L.) Huth (frijol palo), procedentes del lixiviado de los residuos sólidos.

Llegó a determinar la eliminación del zinc, plomo, cadmio como también cromo en el sistema batch con Cajanus cajan (L.) Huth en 3 disoluciones al setenta y cinco, cincuenta, veinticinco por ciento v/v de lixiviado asimismo 1 testigo en el lixiviado proveniente del botadero de la municipalidad. Los **resultados** posteriores al monitoreo de indicadores en el agua, halló una eficiencia de eliminación de coliformes totales (98.22 por ciento), DBO (77.94 por ciento), conductividad eléctrica (56.25 por ciento) y de sólidos (54.99 por ciento). Además, visualizó la variación del oxígeno disuelto, pH, T° que en los tratamientos influyeron. Referente a la determinación de Zn al veinticinco por ciento v/v de lixiviado 0.0518mg/l, al cincuenta por ciento v/v de lixiviado 0.0708mg/l, al setenta y cinco por ciento v/v de lixiviado 0.0819mg/l; de Pb al veinticinco por ciento v/v de lixiviado 0.2541mg/L, al cincuenta por ciento v/v de lixiviado 0.3742mg/L al setenta y cinco por ciento v/v de lixiviado 0.9627 mg/L, llegó a ser 73.31 y 70.54 por ciento la mayor eliminación de Zn y Pb hallado en el sistema batch, pero al veinticinco por ciento v/v de lixiviado halló acumulaciones en un mínimo, no logrando en dichos elementos el efecto de la remoción.

Tito (2019) de la Universidad Agraria de la Selva realizo la investigación titulada “Degradación de la carga orgánica de lixiviado maduro mediante proceso de oxidación avanzada h₂o₂/uv/tio₂ en reactor anular del relleno sanitario de la municipalidad provincial de concepción, Junín”. Dicho **objetivo** de este estudio llegó a ser evaluar la degradación de la carga orgánica. El proceso fotocatalítico llegó a basarse en la utilización como fuente de radiación la lámpara UV, como agente oxidante el H₂O₂, como catalizador el TiO₂. Se aplicó una

metodología de DCC (Diseño de Compuesto Central) utilizando la MSR (metodología de superficie de respuesta). Cuyo diseño experimental incluyó 3 factores principales: la acumulación de H₂O₂, el pH como también el tiempo de funcionamiento del equipo. Dichos factores se dividieron en 5 niveles: tiempo (once, quince, veinte, veinticinco asimismo veintinueve minutos), pH (2.6, 2.8, 3, 3.2 asimismo 3.36) y H₂O₂ (2600, 2800, 3000, 3500 y 4400mg/L). La MSR se empleó con tal de que el proceso de la degradación se optimice. Sus **resultados** en cuanto a la desintegración de la carga de tipo orgánico de lixiviado maduro fueron: tiempo (20min), pH (3.3) asimismo H₂O₂ (dos mil seiscientos miligramos por litro). La CFD (dinámica de fluidos computacional) llega a presentar que viene a ser homogénea la distribución de la velocidad en cuanto al flujo, asimismo la de la radiación mínima llega a ser 2 W/m² como también la máxima llega a ser 278W/m².

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CAPACIDAD DE ADSORCIÓN

El proceso de la adsorción, en líneas universales, implica capturar las sustancias solubles en la interfaz de cierta solución, la cual podría manifestarse entre un gas como también líquido, 2 líquidos distintos o un sólido. Cuando se emplea carbón activado (CA) en el tratamiento de aguas residuales, generalmente se considera como un procedimiento de refinamiento aplicado a recursos hídrico los cuales fueron sometidas a un tratamiento convencional de tipo biológico. En esta aplicación, dicho carbón activado llega a usarse para suprimir una porción de la materia de tipo orgánico diluida. Además, llega a ser factible la eliminación de una porción de dicha materia en partículas, acatando la interacción entre el agua como también el carbón (Chávez, 2011).

Dicho proceso mencionado de la adsorción se desarrolla en 3 etapas: macrotransporte, microtransporte asimismo sorción. Siendo el primero (macrotransporte) donde comprende el desplazamiento de la

materia de tipo orgánico mediante el líquido mediante procesos de advección y difusión, hasta llegar a la interfase líquido – sólido. El microtransporte implica la propagación de dicha materia orgánica por medio de macroporos (menor a cincuenta nanómetros) del carbón que está activado hacia las áreas de la adsorción situadas en los microporos (mayor a dos nanómetros) como también submicroporos de los gránulos de dicho carbón. Dicha adsorción ocurre sobre la parte superficial de los gránulos, así como en sus macroporos como también mesoporos (2-50nm), a pesar de que el área superficial de estas regiones del carbón activado es relativamente limitada en comparación con la de los microporos como también submicroporos. La porción del material que se absorbió en estas áreas llega a considerarse insignificante. Se utiliza la terminología "sorción" debido a la complejidad de distinguir entre la adsorción química como también, describiendo así el proceso mediante el cual el material de tipo orgánico llega a unirse al carbón una vez activado. Cuando las tasas tanto de adsorción como desorción son iguales se logra un equilibrio, y en este punto, la capacidad que tiene el carbón para adsorber se agota (Chávez, 2011).

La capacidad teórica respecto a la adsorción de cierto contaminante específico mediante el uso de carbón activado se puede calcular a través de la determinación de su respectivo isoterma de adsorción. La proporción de sustancia la cual se adhiere a un adsorbente depende de la concentración del adsorbato como también propiedades, así como de la T° . Normalmente, la proporción de material absorbido llega a expresarse como una función de la acumulación a una T° constante, asimismo este resultado llega a denominarse isoterma de adsorción. Las ecuaciones empleadas, con mayor frecuencia, con tal de evaluar los datos experimentales de la isoterma son aquellas propuestas por Freundlich, Langmuir como también Brunauer, Emmet asimismo Teller (Isoterma BET). Las isotermas de Freundlich y Langmuir son las formulaciones más utilizadas para describir las propiedades de adsorción del carbón que se encuentra activado en el tratamiento de aguas que son residuales. Estas isotermas son cruciales para

comprender la interacción de la concentración del adsorbato con el medio de adsorción, asimismo llegan a ser fundamentales para optimizar la eficacia del medio como adsorbente. Por lo tanto, las ecuaciones empíricas de los modelos de isothermas de Langmuir como también Freundlich llegan a ser esenciales para interpretar y rededir los datos de adsorción (Chávez, 2011).

2.2.2. SULFATO FÉRRICO

Este compuesto está compuesto por oxígeno, azufre como también hierro. Llega a distinguirse del sulfato de hierro (II), que es más común, por la carga del catión, ya que representa el estado con mayor oxidación del átomo de hierro. Esta sustancia se encuentra en estado sólido, con un característico color amarillo, y presenta una estructura cristalina organizada en el sistema rómbico. Además, es soluble en agua a temperatura ambiente (Bragado, 2017).

Características

Fórmula: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Denominación de la IUPAC: Iron (III) sulfate

Masa molar: 399,88g/mol

Punto de ebullición: trescientos treinta grados centígrados

Densidad: 3,1g/cm³

Punto de fusión: cuatrocientos ochenta grados centígrados

Solubilidad: Es soluble en el agua.

2.2.3. USOS DEL SULFATO FÉRRICO

El sulfato ferroso desempeña una función esencial en el control de musgo, ya que se utiliza como herbicida de hoja ancha y control de lombrices de tierra. Esta molécula se ioniza en Fe^{+2} y SO_4^{-2} , y los sulfatos se combinan con iones de hidrógeno presentes en el agua,

dando lugar a la formación de ácido sulfúrico y, en consecuencia, a una disminución de pH. El efecto de quemazón observado en la superficie foliar del musgo se debe a su falta de raíces verdaderas, lo que conlleva que toda la absorción se realice a través de las hojas. Esto provoca toxicidad cuando se aplica el sulfato ferroso en el musgo. Por otro lado, en las malas hierbas de hoja ancha, la quemazón es únicamente temporal debido a la presencia de raíces y a su capacidad regenerativa, que incluye rizomas, estolones y nuevos brotes que surgen desde las raíces. Es importante destacar que después de aplicar el sulfato ferroso, se recomienda llevar a cabo un riego adicional debido a su capacidad de causar quemaduras en el césped (Bragado, 2017).

2.2.4. PENCA DE TUNA

Los nopales son plantas de naturaleza arbustiva, con hábitos de crecimiento que pueden ser rastreros, erectos o incluso alcanzar alturas de 3,5 a 5 metros. Su sistema de raíces se caracteriza por su extensión, ramificación densa y una abundante presencia de raíces finas especializadas en la absorción de agua. En particular, estas raíces se encuentran en las capas superficiales del suelo, lo que es particularmente relevante en zonas áridas con precipitaciones limitadas. El tamaño de estas raíces se encuentra influenciada por las circunstancias de humedad del entorno las prácticas culturales, como la fertilización asimismo riego (Sudsuki, 1993; Sudzuki, 1999; Villegas y de Gante, M., 1997).

El tronco de estos nopales es de naturaleza leñosa y suele tener un diámetro que oscila entre los 20 y 50 centímetros. En cuanto a las ramas, que se encuentran constituidas por los cladodios, tienen dimensiones de aproximadamente 30 a 60cm de extensión, 20 a 40cm de ancho asimismo un espesor de dos a tres centímetros. En su estado fresco, los cladodios se conocen como nopalitos, mientras que en su fase adulta se les llama pencas.

Las pencas, que exhiben un distintivo color verde opaco, desempeñan una función esencial en la fotosíntesis, ya que sustituyen en las hojas en esta capacidad. Una cutícula que viene a ser gruesa la revisten, llegando a veces, estar recubierta de vellosidades o cera la cual reducen la pérdida de recurso hídrico. Esto es particularmente relevante ya que estos nopales albergan una considerable cantidad de parénquima, un tejido que almacena importantes reservas de agua, lo que les permite sobrevivir en condiciones de sequía prolongada. Vale la pena destacar la significativa función de dichos mucílagos, que son hidrocoloides que en este tejido existen, porque poseen el poder de retención del recurso hídrico, como se señaló en una investigación realizada por (Nobel, 12 de Diciembre de 1992).

Tabla 1

Taxonomía del Nopal

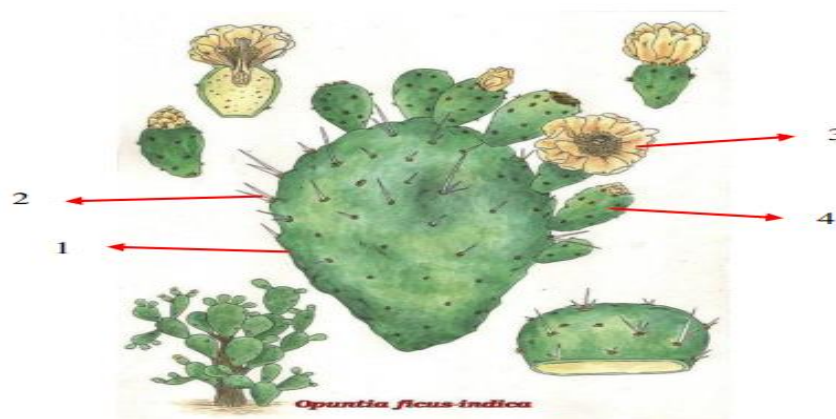
Reino:	Vegetal
Subreino:	Embryophyta
División:	Angioserma
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Dialipetalas
Orden:	Opuntiales
Familia:	Cactaceae
Subfamilia:	Opuntioideae
Género:	Opuntia

Nota: La tabla muestra la descripción taxonómica del Nopal.

Extraído Instituto Nacional de ecología y cambio climático (2020).

Figura 1

Esquema de la (Opuntia ficus-indica)



Nota. El gráfico representa las partes de la (Opuntia ficus-indica): 1 - Cladodio o Penca; 2 - espinas; 3 - Flor y 4 - fruto. Extraído de: (Opuntia ficus-indica).

Composición Química General

En la Tabla 2 se presenta la composición de tipo químico del nopal fresco. Los cladodios son especialmente relevantes a partir de una perspectiva industrial, ya que se utilizan para producir "nopalitos" cuando los brotes son jóvenes (de 10 a 15 cm de longitud), y cuando han alcanzado un estado parcialmente lignificado (cladodios de 2 a 3 años), se emplean en la fabricación de harinas entre otros productos.

Tabla 2

Composición química de cien gramos de nopal fresco

Parámetro	Contenido
Niacina (mg)	0.03
Energía (Kcal)	27.00
Hierro (mg)	1.60
Grasa (g)	0.30
Carbohidratos (g)	5.60
Porción comestible	78.00
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.06
Proteínas (g)	1.70
Ascórbico (mg)	8.00
Calcio (mg)	93.00

Nota: La tabla muestra los parámetros y concentración de la composición física del nopal fresco. Extraído de la Rosa & Santana, (2001).

La composición respecto a los macrocomponentes en el cladodio varía en función de su edad, tal como se ilustra en la Tabla 2. Los nopalitos, en particular, presentan un alto contenido de agua, que ronda alrededor del 90%, y son especialmente apreciados por su contenido de fibra, similar al que se encuentra en diversas frutas y hortalizas (Zambrano, 1998).

Tabla 3

Composición química de cladodios de diversas edades (porcentaje materia seca)

<i>Edad (años)</i>	<i>Proteínas</i>	<i>Grasa</i>	<i>Cenizas</i>	<i>Fibra Cruda</i>	<i>Extracto No Nitrogenado</i>
0.5	9.4	1.00	21.0	8.0	60.6
1	5.4	1.29	18.2	12.0	63.1
2	4.2	1.40	13.2	14.5	66.7
3	3.7	1.33	14.2	17.0	63.7
4	2.5	1.67	14.4	17.5	63.9

Nota. En la tabla se detalla la materia seca en porcentaje de edades. Extraído de López (1977) citado por Sáenz, et.al, (2006).

Además, presentan una notable riqueza en minerales, destacando el contenido de calcio y el potasio, que alcanzan valores de 93 y 166 mg/100 g, respectivamente. Cabe señalar que su contenido de sodio es bajo, con tan solo 2 mg/ 100 gramos, lo cual se traduce en un beneficio para la salud humana. La alta concentración de calcio los convierte en alimentos de interés debido a la relevancia de este mineral en la dieta. Sin embargo, según un estudio de (Mc Conn, 2004), se ha planteado la posibilidad de que el calcio esté indisponible para la absorción por el organismo humano, pues se presenta como cristales de oxalato de calcio.

Por otro lado, los nopalitos contienen proporciones moderadas de carotenoides (30µg/100 gramos) asimismo vitamina C (11mg/100 gramos) (Rodriguez - Felix y Cantwell, 1988). Es importante destacar que la composición química de las cenizas llega a variar entre diferentes especies e incluso, en una misma especie, dependiendo de la composición del suelo de tipo químico como también de los procesos complejos a través de los cuales estas plantas obtienen sus nutrientes.

Estos procesos están relacionados con factores como textura, humedad, grado de ionización o disociación, conductividad, salinidad como también acidez del suelo.

2.2.5. EICHHORNIA CRISPÉ O JACINTO DE AGUA

Especie acuática, que se caracteriza por su capacidad de flotación y raíces sumergidas, puede alcanzar alturas que oscilan entre los 50 centímetros e incluso, en condiciones tropicales extremadamente propicias, hasta 1 metro (Verdejo et. al, 2006).

A. Taxonomía

El macrófito acuático *Eichhornia crassipes* puede ser clasificado en el siguiente sistema taxonómico:

Tabla 4

Taxonomía de la Eichhornia crassipes

Dominio:	Eukaryota
Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Commelinales
Familia:	Pontederiaceae
Género:	Eichhornia
Especie:	Eichhornia crassipes

Nota: La table muestra la descripción taxonómica de la *Eichhornia crassipes*.

Extraído: de Morales & Ferrer (2011).

B. Morfología

La planta produce un rizoma ramificado capaz de alcanzar una longitud de hasta 30 centímetros, con varios entrenudos ubicados a distancias cortas entre sí. Cada entrenudo da lugar tanto a una hoja como a una raíz. En los brotes auxiliares, llegan a desarrollarse hojas notables por su grosor, brillo y aspecto ceroso, sobresaliendo claramente

sobre la superficie del agua. Estas hojas presentan una forma ovoide, con medidas que oscilan entre 2 y 15cm de longitud asimismo 2 a 10cm de ancho. Los bordes son ligeramente curvados asimismo muestran diversas venas alargadas como también finas.

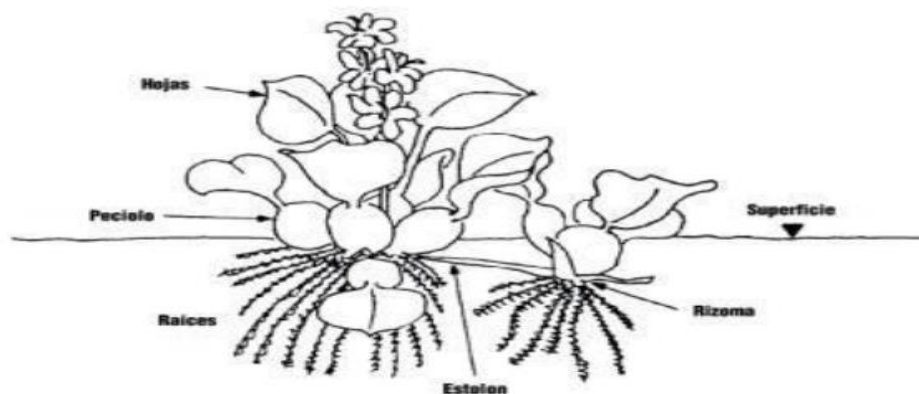
El tallo exhibe una estructura característica: es grueso, esponjoso, alargado, ensanchado en el medio y afilado hacia la estípula, lo que da lugar a un bulbo que flota con un esponjoso tejido. El peciolo presenta una estípula membranosa ancha que llega a formar una vaina en torno a la hoja subsecuente. Los tallos florales, que vienen a ser pubescentes, poseen 2 brácteas asimismo 1 estípula, por lo general, producen entre 8 y 25 flores. Cada flor se caracteriza por tener 6 pétalos violáceos o azulados, de forma oval-oblonga y un tamaño de hasta cuatro centímetros, siendo el más superior de ellos el que presenta una cierta mancha cuyo color viene a ser amarillo en su centro, cercada por cierto borde de color azul.

En cuanto al fruto adopta la forma de una cierta cápsula la cual alberga hasta cuatrocientas cincuenta semillas.

Esta planta posee un robusto sistema de raíces, de tal manera que más de un cincuenta por ciento de su biomasa consiste en raíces, que son fibrosas como también adventicias, que cuyo tamaño llega a oscilar entre los 10 y 30cm. Estas raíces se asemejan a plumas, con un color azul oscuro o violeta, asimismo llegan a contener pigmentos solubles las cuales podrían proporcionar protección contra herbívoros (Verdejo et. al, 2006).

Figura 2

Morfología de una macrofitas flotante (*Eicchornia crassipes*)



Nota: El gráfico muestra las partes de la macrofitas flotante (*Eicchornia crassipes*). Tomado de Baldeón et al. (2017).

C. Distribución

De origen nativo en Sudamérica, específicamente en la Cuenca del Amazonas, esta planta ha sido introducida en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. Su presencia se extiende por áreas tropicales y subtropicales en diversas partes del planeta, e incluso se ha establecido en muchas regiones templadas cálidas que no experimentan heladas. Su introducción se ha registrado en más de 50 países, abarcando territorios como Estados Unidos, Portugal, América Central, Italia, el sur de Asia, zonas de África tropical como también Australia. Además de su presencia en la naturaleza, esta planta se utiliza con fines ornamentales en estanques y acuarios, y una vez que se introduce en un nuevo entorno, puede dispersarse tanto a través del agua como por medio de aves (Guevara & Ramirez, 2015).

D. Hábitat y Ecología

Llega a tratarse de una planta hidrófita flotante de tipo herbáceo que se caracteriza por la presencia de numerosos estolones que emiten raíces fasciculadas en los nodos. Su capacidad de reproducción es notable, ya que puede reproducirse tanto a través de semillas como de manera asexual, mediante estolones y la fragmentación de las plantas. En condiciones propicias, esta planta llega a ser capaz de lograr la

duplicación de su respectiva población cada 5 días. En cuanto a sus semillas mantienen su poder germinativo durante un período de entre 5 y 20 años, y la germinación se ve favorecida por niveles elevados de iluminación y fluctuaciones de temperatura.

La propagación de esta planta a nuevos hábitats ocurre a gran escala, ya sea a través de las corrientes de agua, el transporte por aves (mediante las semillas) o, principalmente, debido a la actividad humana, como la liberación desde acuarios o embarcaciones, entre otros. Sorprendentemente, una sola planta puede colonizar por completo un lago. El rápido crecimiento de esta especie genera una reducción significativa en la porción de irradiación la cual alcanza el interior del cuerpo del recurso hídrico, lo que, combinado con la descomposición de la planta, conduce a una drástica disminución en los niveles de oxígeno disuelto. Ambos efectos llegan a tener graves efectos para los ecosistemas acuáticos. Además, esta planta obstaculiza el proceso de intercambio gaseoso normal entre la atmósfera como también recurso hídrico y compite de manera significativa con la flora autóctona (Guevara & Ramirez, 2015).

Medio de cultivo

Estos representan una mezcla de los nutrientes necesarios en óptimas porciones como también condiciones físicas óptimas que permiten el desarrollo de bacterias, levaduras y hongos. Estos nutrientes esenciales incluyen elementos como fósforo, nitrógeno, azufre como también carbono, así como sales inorgánicas, como calcio, hierro, magnesio asimismo potasio. En conjunto, proporcionan un entorno propicio para el desarrollo de los hongos (Mondino, 2009). Entre dichos medios de cultivo con mayor reconocimiento se encuentran la Biotina Aneurina Ácido Fólico, medio MelinNorkrans, Sabouraud Agar como también Extracto de Malta Agar (Marx, 1969). Para la identificación de hongos, se emplean sustancias como KOH al cinco por ciento y el reactivo de Melzer (Díaz Moreno, 2009).

Asimismo, es posible que el medio de cultivo sea preparado utilizando agar (quince gramos por litro), cloranfenicol (0.1g/l), glucosa (veinte gramos por litro) como también extracto de levadura (cinco gramos por litro). Por lo demás de estos medios, los hongos también podrían desarrollarse en el salvado de trigo como también harinas de cereales, que llegan a contener carbohidratos; particularmente, las especies *Pleurotus*, como *Ostreatus*, *Pulmonarius* y *Djamo*, prosperan en este tipo de sustrato (Nieto, 2015)

Figura 3

Jacinto de Agua



Nota: El grafico muestra la foto de Prianto / Alamy. Tomado de Alamy.es (2021).

Figura 4

Eichhornia Crassipes



Nota. El grafico permite apreciar la planta *Eichhornia Crassipes*, esta especie tiene la característica de ser flotante. Extraído de Freepik.es.

2.2.6. REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS

Cuando se trata de pequeños caudales de lixiviados y hay suficiente espacio disponible, existe una alternativa sumamente sostenible, que implica el tratamiento a través del cultivo de plantas. Esta técnica se basa en la capacidad con la que cuentan las plantas cultivadas, comúnmente la reed beds (caña común), a fin de descomponer como también estabilizar los residuos. Dichas plantas absorben todo nutriente proveniente de los lixiviados mientras funcionan como un filtro natural, lo que conduce con el tiempo a la mineralización del residuo. En dichos sistemas, la velocidad de riego viene a ser el parámetro crítico, y a pesar que el adecuado valor llega a depender de varios factores, suele situarse en torno a los $50 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$. Esto resulta en una reducción significativa de sólidos que se encuentran en suspensión, nitrógeno amoniacal, materia de tipo orgánico entre ciertos metales como lo que viene a ser el hierro, y llega a lograrse mediante una técnica simple y de bajo coste.

2.2.7. DEFINICIÓN DE LIXIVIADO

Conforme a la legislación vigente sobre residuos sólidos, específicamente la Ley N°27314, los lixiviados son definidos como aquellos líquidos que se generan a partir de los desechos, ya sea por procesos de percolación o arrastre, reacción, además contienen elementos los cuales están disueltos o en suspensión en dichos desechos. Esta definición guarda similitudes con la Norma NOM-083-SEMARNAT-2003 de México, aunque presenta una distinción importante al incluir una descripción detallada de ciertos posibles riesgos que dichos lixiviados podrían significar para la salubridad de la persona como también el entorno ambiental. La Norma Mexicana se refiere a los lixiviados como líquidos que resultan del filtrado o arrastre, reacción de todo material el cual llega a componer los desechos, asimismo que llegan a contener sustancias disueltas o en suspensión capaces de infiltrarse en el suelo o drenar fuera de las áreas de depósito de residuos, lo que potencialmente puede provocar la polución tanto de los recursos

hídrico como del suelo, causando su detrimento como también representando un riesgo latente para la salud del humano asimismo otros seres vivos (Cerde, 2007). Es fundamental tener en cuenta que la composición y comportamiento de los lixiviados están sujetos a diversos factores, tales como:

Flujo superficial y/o penetración subterránea

Evapotranspiración

Humedad inherente a los desechos de índole municipal de característica sólida.

Nivel de compactación

Retención de humedad en los desechos de índole municipal de característica sólida como también en el suelo (capacidad de campo).

Llega a calcularse que cada tonelada de desechos urbanos produce aproximadamente 0.2 metros cúbicos de lixiviado, después de su cierre, un vertedero controlado podría continuar originando lixiviado por un período que supera los 50 años, según lo indicado por (Vilar, 2015).

La composición de los lixiviados está condicionada por la naturaleza de los residuos depositados, el grado de descomposición de los mismos y la cantidad de líquido generado. Durante este proceso, no se pueden separar los líquidos resultantes de las reacciones bioquímicas y la lixiviación. Cualquier alteración en la estructura y composición del vertedero afecta las corrientes asimismo el acopio de líquidos, de tal manera que el agua como también los procesos dentro del vertedero interactúan de manera mutua.

2.2.8. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LIXIVIADO

Respecto al tratamiento del lixiviado representa cierto desafío debido a su compleja naturaleza y composición. La empresa alemana

WEHRLE-WERK AG, una compañía con sede en Alemania fundada en 1860 y con presencia a nivel global, ha sido líder en la implementación de biorreactores con membrana dirigido al tratamiento de lixiviados, habiendo construido la planta primera MBR de los lixiviados en el país de Alemania en 1991. En la XIV Conferencia de Vertederos Controlados organizada por ATEGRUS, la empresa destaca que la totalidad de lixiviados en el planeta presentan una usual composición compuesta por 4 componentes.

Tabla 5

Clasificación y composición de los lixiviados

Lixiviado	Jóvenes	Intermediarios	Viejos
Edad (años)	< 1	1 – 5	> 5
pH	<6.5	6.5 – 7.5	>7.5
DQO (g/L)	>1.5	3 – 15	< 3
DBO/DQO	0.5 – 1	0.1 – 0.5	<0.1
TOC/DQO	< 3	0.3 – 0.5	> 0.5
NH3 – N (mg/L)	< 400	0.3 – 0.5	> 0.5
Metales pesados (mg/L)	> 2	< 2	> 400
Compuestos orgánicos	80% AGV	5 – 30% AGV + AH + AF	< 2

Nota: La tabla muestra los componentes de los lixiviados, según la edad el tiempo que tienen los lixiviados. Extraído de (Sancha, 2013).

2.2.9. MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE (DBO5, DQO)

En la situación de los lixiviados provenientes de vertederos, se ha observado que la biodegradabilidad es mayor de lo que cabría esperar, con valores que oscilan entre el 30% y el 40% en términos de la relación DBO/DQO. Por otro lado, los lixiviados generados en instalaciones de tratamiento, como las plantas de compostaje y digestión anaerobia, presentan una mayor capacidad de biodegradación. La composición química de los lixiviados muestra una amplia variabilidad en función de la decrepitud del vertedero asimismo su historia antecesora al instante del monitoreo. Para evaluar la respectiva biodegradabilidad, es posible utilizar las relaciones entre DBO y DQO, siendo que valores de 0.4 a 0.6

donde llegan a tomarse en cuenta indicativos de la presencia de material orgánico sencillamente biodegradable, como se señala en el estudio realizado por (Mendez, Castillo, García, & Sauri, 2010).

2.2.10. COMPUESTOS NITROGENADOS

Se hallan en elevadas concentraciones elementos tales como el NTK como también $N-NH_4^+$, los cuales provienen de la descomposición de los aminoácidos como también proteínas que se encuentran en los desechos sólidos urbanos. Es necesario llevar a cabo su remoción antes de proceder a verterlo.

2.2.11. SALES (SULFUROS, CARBONATOS, CLORUROS, ETC.)

Colaboran al poder de amortiguación del lixiviado, aspecto que tendría que considerarse al planificar procesos de tratamiento que impliquen cambios en el pH. La eliminación de estos componentes podría ser requerida de acuerdo con la normativa vigente en cada nación.

2.2.12. METALES PESADOS

La existencia de estos elementos está condicionada por la naturaleza de los desechos urbanos sólidos, siendo su concentración influenciada por la antigüedad de dichos residuos.

2.2.13. MICROORGANISMOS EN LOS LIXIVIADOS

Las bacterias que en los lixiviados son aislados comúnmente pertenecen al género de los Streptococcus, Bacillus como también Corynebacterium. Asimismo, llegaron a identificarse cepas que usualmente se encuentran en aguas que vienen a ser residuales, como Pseudomonas, Acinetobacter, Micrococcus, Aeromonas, Enterobacter, Clostridium, entre otros, además de levaduras como también hongos. Aunque se ha detectado la existencia de gérmenes fecales (Coliformes y Streptococcus) como también enterovirus en los lixiviados, es probable que estas bacterias no logren atravesar la superficie. Llegan a ser bajo

los riesgos respecto a la polución microbiana en los mantos freáticos, al igual que la supervivencia de los gérmenes perjudiciales en aguas superficiales que no lleguen a encontrarse estancadas (Primo, 2008).

2.2.14. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS DE LIXIVIADO

En el tratamiento de materia orgánica biodegradable, se emplean principalmente tecnologías basadas en procesos biológicos. Varios estudios han demostrado que este enfoque es especialmente eficaz en el tratamiento de lixiviados de corta antigüedad que presentan elevadas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) y una relación DBO5/DQO superior a 0.4, lo cual indica una notable biodegradabilidad (Salas, 2016).

2.2.15. TRATAMIENTO AEROBIO

Dicho tratamiento implica la supresión de compuestos de tipo orgánico existentes en el lixiviado utilizando microorganismos con agitación como también oxígeno. Los contaminantes de tipo orgánico llegan a ser transformados en lodos como en dióxido de carbono. Dichos sistemas requieren estables condiciones respecto al funcionamiento en términos de carga de tipo orgánico, pH, acumulación de nutrientes, entre otros.

El tratamiento aerobio se puede llevar a cabo por medio de la utilización de diferentes métodos, como lagunas aireadas, filtros percoladores, sistemas biológicos de discos rotatorios como también de lodos activados, y otros (Salas, 2016).

2.2.16. TRATAMIENTO ANAEROBIO

Dicho proceso llega a basarse en el mismo principio de desintegración que el tratamiento aerobio, pero en este caso, implica una población bacteriana que opera en la falta de oxígeno, transformándolo en un proceso fácil y que produce un poca proporción de lodos. Empero, su operación requiere consideraciones importantes, como los elevados contenidos de minerales diluido como también amoníaco que podrían

ocasionar problemas para los microorganismos en cuanto a toxicidad. Ello puede requerir la eliminación del amoníaco previamente o empleo de las cargas de trabajo aminoradas debido a los limitantes en la actividad de los microbios causada por la toxicidad (Salas, 2016).

2.2.17. RESIDUOS SÓLIDOS

Residuo resultante tras la realización de una tarea o proceso, que ya no tiene utilidad. Real Academia de la Lengua Española (2012).

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) ha caracterizado dichos residuos de característica sólida como los elementos los cuales se generaron en actividades de producción como también no lograron obtener un valor económico en el entorno en el que fueron creados (Seoáñez,2000).

El Decreto Ley N°1278 se refiere a los residuos sólidos como todo objeto, material o sustancia resultante del uso o consumo de cierto servicio o bien, y de la que su poseedor llega a desprenderse con tal de ser manejado. Se prioriza la valorización de estos residuos en primer lugar, considerando como una alternativa final la disposición final. Dichos residuos abarcan desechos en estado semisólido o sólida e incluyen los de estado gaseoso o líquido que se contienen en recipientes o depósitos los cuales llegarán a desecharse. Aquellos con características fisicoquímicas que no permiten su incorporación en sistemas enfocado al tratamiento de efluentes como también emisiones, por lo tanto, no podrían verterse al medioambiente, deben ser acondicionados de manera segura para una disposición final adecuada.

La gestión de desechos sólidos comprende una variedad de actividades operativas como técnicas las cuales cubren la totalidad de fases del sistema de gestión de desechos sólidos, a partir de la manipulación inicial hasta su última disposición, e incluye entre otra metodología técnica operativa (MINS/DIGESA, 2012).

Los desechos sólidos son aquellos materiales o productos en forma sólida que ya no son necesarios, pero que tienen la posibilidad de ser reutilizados (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2010).

2.2.18. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Sanchez J. (2020) Señala que los desechos sólidos pueden categorizarse en dos amplias categorías: los que llegan a ser no peligrosos como también peligrosos. En cuanto a residuos peligrosos, engloban los que podrían ser un peligro para la población o entorno a causa de sus características tóxicas, explosivas o corrosivas. Por otro lado, dichos los no peligrosos no conllevan riesgos para la población ni para el medio ambiente. Estos últimos pueden subdividirse en:

Según su composición

Orgánicos: Estos residuos comprenden materiales biodegradables que pueden descomponerse naturalmente con el tiempo.

No orgánicos o inorgánicos: En esta clasificación se encuentran los residuos que tienen una descomposición natural muy lenta debido a sus características químicas. Algunos de estos desechos son reciclables mediante métodos complejos, como latas, ciertos tipos de plástico, vidrio y goma. Otros, como las pilas, son peligrosos y contaminantes, y su reciclaje o transformación no es factible (Sanchez J. , 2020).

Según su origen

Residuos domiciliarios: Estos desechos son generados en hogares debido a actividades domésticas.

Residuos comerciales: Producidos por actividades comerciales, servicios de restauración, oficinas, mercados y otros sectores del ámbito de los servicios.

Residuos Industriales: Resultantes de procesos de producción, transformación, consumo o mantenimiento relacionados con actividades industriales.

Escombros y residuos de construcción: Generados en obras de construcción, excluyendo los suelos extraídos durante la excavación.

Residuos sanitarios: Producidos en instalaciones sanitarias y centros médicos, incluyendo materiales de laboratorios y centros de investigación que requieren una eliminación especial para prevenir la propagación de enfermedad (Gonzales, 2020)

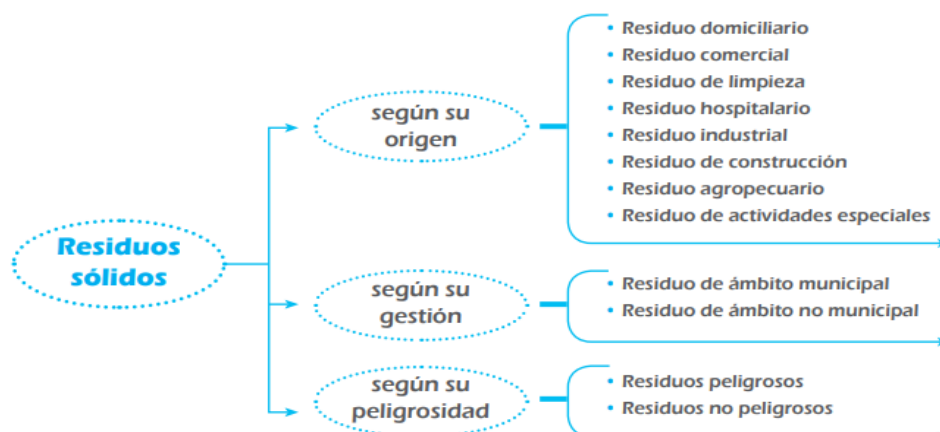
Según su gestión

Residuos de gestión municipal: Estos residuos provienen de actividades domésticas, comerciales, de limpieza urbana y de productos similares, y se gestionan a través de vertederos municipales.

Residuos de gestión no municipal: Este grupo abarca residuos que, debido a sus características o al manejo requerido, llegan a representar un importante riesgo para el medioambiente o salud. Ejemplos incluyen desechos metálicos los cuales llegan a contener mercurio o plomo, y productos químicos como plaguicidas y herbicidas (Galarza, et al., 2016).

Figura 5

Clasificación de los residuos sólidos



Nota: El grafico muestra la clasificación de los residuos sólidos (Acorde a la Ley N° 27314: Ley general de residuos sólidos). Extraido de (Galarza, et al., 2016).

Residuos sólidos acorde a su peligrosidad

Residuos sólidos peligrosos: Presentan características o están sujetos a un manejo que conlleva un riesgo importante para la salud de las personas y el medio ambiente.

Residuos sólidos no peligrosos: Vienen a ser generados por los humanos en diversas actividades y lugares, y no representan un riesgo para la salud ni el medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2012).

Características de los residuos sólidos peligrosos

Los residuos de carácter peligroso pueden originarse en distintas actividades humanas, inclusive en el entorno doméstico, siendo los más diversos y abundantes aquellos clasificados como residuos químicos peligrosos. En cuanto a los desechos químicos con riesgo asociado, las mayores cantidades se generan en instalaciones industriales, comerciales y de servicios. Estas cantidades resultan de la eliminación de productos de consumo que contienen sustancias potencialmente perjudiciales, la disposición de envases contaminados con dichas sustancias, la pérdida de materiales peligrosos utilizados como insumos en procesos productivos, o la generación no planificada de subproductos

o desechos perjudiciales en dichos procesos (Dirección General de Salud Ambiental, 2006)

De igual manera, los desechos de naturaleza biológica y con potencial infeccioso se producen en volúmenes significativos fuera de los entornos médicos y laboratorios, debido al elevado número de residuos contaminados generados a raíz de los tratamientos médicos a los que son sometidos los individuos infectados o enfermos en sus domicilios, así como por la disposición de materiales las cuales estuvieron en contacto con la sangre (o esputo, en caso de pacientes con tuberculosis) (Dirección General de Salud Ambiental, 2006).

De qué depende la peligrosidad de los residuos

La peligrosidad de los residuos se encuentra condicionada por las propiedades físicas y químicas inherentes a la naturaleza del residuo, dado que estas propiedades le otorgan el poder de inducir corrosión, toxicidad, reacciones químicas, explosiones, incendios o la propagación de enfermedades que son infecciosas (Ministerio de Salud, 2010).

Figura 6

Características de Peligrosidad de los Residuos



Nota: El grafico muestra las características de la peligrosidad que tienen los residuos. Tomado de (Ministerio de Salud, 2006).

Corrosivo: Refiere a sustancias como también preparados que, al entrar en contacto con los tejidos vivos, tienen la capacidad de causar daños destructivos en los mismos.

Explosivo: Hace referencia a sustancias y preparados en estado sólido, líquido, pastoso o gelatinoso que, incluso sin oxígeno atmosférico, pueden experimentar una reacción exotérmica con la veloz liberación de los gases, asimismo en ciertas situaciones de prueba pueden detonar, deflagrar de manera veloz o, en situaciones de confinamiento parcial, explotar.

Tóxico: Se aplica a sustancias y preparados que, en cantidades reducidas, pueden causar efectos crónicos o agudos, hasta llevar al fallecimiento, cuando son inhalados, ingeridos o penetran a través de la piel.

Inflamable: Designa sustancias que pueden calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin necesidad de una fuente externa de energía (Ministerio de Salud, 2010).

2.2.19. MARCO NORMATIVO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ

Tabla 6

Normativa para la gestión de residuos sólidos

Ley	Año de publicación	Número de la norma	Autor
Ley de gestión integral de residuos sólidos	Lunes, 11 mayo, 2020	D.L. N°1501	Congreso de la República
Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	23 diciembre, 2016	D.L N°1278	Congreso de la República
Reglamento del Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Jueves, 21 diciembre, 2017	D.L 014-2017-MINAM	Ministerio del Ambiente – MINAM
Decreto Supremo que modifica el Reglamento del Decreto Legislativo	9 de enero de 2022	D.S N° 001-2022	Ministerio del Ambiente – MINAM

Nº 1278, que aprueba			
la Ley de Gestión			
Integral de Residuos			
Sólidos			
Reglamento de	4 de abril del 2022	D.S	Ministerio de
gestión y manejo de		Nº 002-	Vivienda,
residuos sólidos de la	2022		Construcción y
construcción y			Saneamiento
demolición			
Guía para el Control	Viernes, 23 Julio,	R. M Nº	Ministerio del
de Incendios en	2021	129-2021	Ambiente –
Botaderos de			MINAM
Residuos Sólidos			
Municipales			

Nota: La tabla muestra la normativa para la gestión de residuos sólidos aplicables en el Perú. Extraído de (Sistema Nacional de Información Ambiental , 2022).

2.2.20. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Las propiedades de dichos desechos de característica sólida pueden cambiar debido a una variedad de factores climáticos, geográficos, económicos como sociales. Estos factores se refieren a los aspectos distintivos entre diversas comunidades y ciudades. Sus características podrían clasificarse acorde a sus propiedades físicas, químicas y biológica.

Características físicas

Estas se relacionan con la generación de residuos por persona, su composición en términos de peso, su densidad aparente, el contenido de humedad y su capacidad de compresión.

Característica Química

Se refieren al poder calorífico de los residuos, que indica el potencial energético de un material, así como al pH, que llega a medir la alcalinidad o acidez de dichos desechos. La composición del tipo químico llega a determinar la proporción del material orgánico, porción

de cenizas, fósforo, calcio, potasio, nitrógeno, carbono, desechos minerales totales, residuos minerales solubles y grasas presentes en los residuos

Características Biológicas

Estas características están determinadas por la población microbiana y la presencia de agentes patógenos en los residuos sólidos. En conjunto con las características químicas, estas propiedades orientan la elección de los métodos más apropiados para el tratamiento y la disposición final de los residuos.

2.2.21. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Este procedimiento proporciona datos acerca de las propiedades de los residuos en una ubicación geográfica específica. A través de este análisis, es posible diseñar estrategias relacionadas con la administración de residuos de característica sólida, además como llevar a cabo una planificación de carácter administrativo y financiero (MINAM, 2019).

2.2.22. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

La gestión de desechos sólidos incluye todas las actividades técnicas y operativas relacionadas con la manipulación, preparación, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final y cualquier otro proceso técnico utilizado desde el origen del desecho hasta su eliminación definitiva. El Ministerio del Ambiente señala que la administración de la manipulación de desechos sólidos llega a desarrollarse mediante las fases a continuación:

Minimización

Aminoración del volumen hasta el mínimo asimismo la peligrosidad que tienen dichos residuos mediante estrategias enfocadas a la prevención, técnicas o métodos, procedimientos, empleados para la generación de residuos.

Segregación

Acción de agrupar componentes o elementos físicos específicos de los residuos sólidos para su tratamiento diferenciado.

Almacenamiento

Acopio de todo residuo, de manera temporal, en técnicas circunstancias adecuadas llegando a ser parte del sistema enfocado a la manipulación, hasta última disposición.

Recolección

Recogida de dichos desechos para su posterior traslado en medios de locomoción apropiados, con el objetivo de continuar su manejo de manera higiénica, segura como también ambientalmente óptima.

Reaprovechamiento

Llegar a tener nuevamente un beneficio del elemento, artículo, bien o fracción del mismo el cual llega a constituir un desecho de característica sólida.

Comercialización

Compra asimismo venta de todo residuo de característica sólida que se podrían recuperar con fines económicos.

Valorización

Priorización de alternativas de gestión y manejo que incluyen valorización energética, reutilización, compostaje, reciclaje y otras actividades, realizadas en instalaciones adecuadas y autorizadas, en lugar de última disposición. (Según el Decreto Legislativo 1278)

Transporte

Acción la cual llega a trasladar todo residuo de característica sólida a partir de su lugar de origen hasta estaciones de transferencia, plantas de tratamiento o rellenos sanitarios.

Transferencia

Instalación donde se descargan de manera temporal los residuos de característica sólida desde camiones o contenedores de recolección antes de su respectivo traslado en proporciones de mayor volumen.

Tratamiento

Procedimiento, enfoque o técnica el cual altera las características biológicas, químicas o físicas perteneciente al desecho de característica sólida siendo el objetivo de aminorar o erradicar su riesgo potencial hacia el medioambiente asimismo salud.

Disposición Final

Operaciones o procesos enfocado a tratar todo residuo de característica sólida o su disposición permanentemente llegando a ser la etapa final en cuanto a su manipulación de manera segura, sanitaria como también adecuada de manera ambiental.

2.2.23. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Las municipalidades o las EO-RS (Entidades Operadoras de Residuos Sólidos) son las responsables de establecer y gestionar los rellenos sanitarios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. (MINAM, 2016).

En los rellenos sanitarios, dicho proceso implica el encierro de todo residuo municipal de característica sólida, que llega a considerar la distribución, el acomodo y la compactación de dichos residuos en una base que viene a ser impermeable. Estos residuos llegan a cubrirse de manera diaria con algún material inerte o tierra, a fin de eludir que sea

expuesto al exterior asimismo llevar a cabo una óptima manipulación de lixiviados como también gases, con tal de prevenir la polución del entorno asimismo resguardar la salud pública.

Acorde a la información que los gobiernos locales brindan por medio de la plataforma SIGERSOL asimismo Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos, se destaca que, de la producción absoluta en cuanto a residuo municipal de característica sólida en el año 2014, que alcanzó 7,497,482 toneladas anual, únicamente el 50% de este volumen, es decir, 3,309,712 toneladas, se dispuso adecuadamente en un relleno sanitario. Esto indica que más del 50% de los residuos se eliminaron de manera inadecuada en el entorno ambiental. (MINAM, 2013)

2.2.23. RELLENOS SANITARIOS

La elección más común para disponer de los desechos sólidos municipales son los vertederos sanitarios, principalmente por su costo de operación y mantenimiento relativamente reducido (Cerde, 2007).

Conforme a la Ley N° 27314, conocida como la Ley General de Residuos Sólidos, se define un relleno sanitario como la estructura dirigida a la disposición final que está equipada como también operada para permitir la disposición de los residuos sólidos de manera segura desde el punto de vista sanitario y ambiental.

Tabla 7

Instalaciones de Disposición Final a nivel nacional

Rellenos Sanitarios		
1		Portillo Grande
2	Lima	Zapallal
3		Huaycoloro
5	Callao	Modelo del Callao
6	Ancash	Carhuaz
7		Independencia
8	Cajamarca	Municipal de Cajamarca
9	Junín	Pampaya
10		Santa Cruz

11	Loreto	El Treinta
12		Nauta
13		Cangallo
14	Ayacucho	San Miguel
15		Parinacochas
16	Huancavelica	Yauli
17		Colcabamba
18		Ambo
19	Huánuco	Llata
20		Huancarama
21	Apurímac	Anco Huallo - Uripa
22		Chuiquibambilla

Nota: La tabla muestra la cantidad de rellenos sanitarios que existen en el Perú y los respectivos departamentos. Extraído de (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.2.24. CLASIFICACIÓN DE LOS RELLENOS SANITARIOS

Acorde a la Ley N°27314, cuya clasificación se lleva a cabo en base a su tipo de operación y llega a dividirse en:

a) **Relleno sanitario manual;** cuya capacidad de operación diaria no supera las veinte toneladas, de acuerdo con lo indicado por (Cerda, 2007).

Figura 7

Diseño de un relleno sanitario manual



Nota: El gráfico muestra el diseño que tiene un relleno sanitario manual, representa el modelo y los elementos de un relleno sanitario manual. Extraído de (Coronado, 2017).

b) **Relleno sanitario semi-mecanizado;** que se caracteriza por tener una capacidad de operación diaria que no sobrepasa las cincuenta toneladas, según la descripción de (Cerda, 2007).

Figura 8

Diseño de un relleno semi-mecanizado



Nota: La figura muestra el proceso de construcción de un relleno sanitario.
Extraído (Mora, 2013).

c) Relleno sanitario mecanizado; el cual se distingue por tener una capacidad de operación diaria superior a 50 toneladas, conforme a la definición de (Cerde, 2007).

Figura 9

Diseño de un relleno sanitario mecanizado



Nota: La figura muestra la estructura de un relleno sanitario mecanizado.
Extraído (Ministerio del Ambiente, 2010)

En el proceso de disposición final, uno de los problemas más significativos viene a ser la producción del lixiviado. Tanto en el diseño asimismo construcción del relleno sanitario, llega a ser esencial

considerar la producción de lixiviado y, por lo tanto, se debe ubicar a una distancia considerable de las corrientes superficiales para evitar la contaminación de los acuíferos, tal como señala (Cerdea, 2007).

Características técnicas de la celda transitoria

La creación de las trincheras o terrazas, adaptadas a las circunstancias topográficas del área.

La implementación de barreras impermeables en las celdas, que pueden consistir en geomembranas y geotextiles o en una capa de arcilla, dependiendo de la disponibilidad en el sitio.

La construcción de rutas perimetrales para acceder y gestionar las celdas.

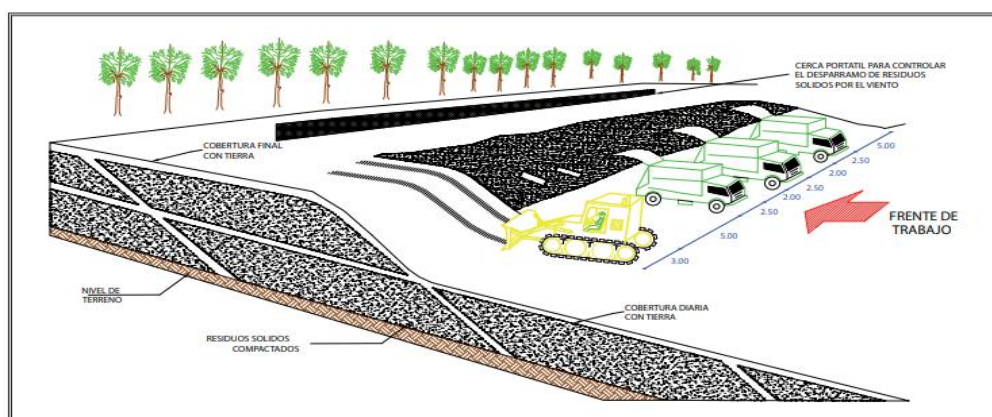
La instalación de estructuras diseñadas para la recirculación, recolección como también drenaje de todo lixiviado, así como para el manejo de los gases generados en el proceso.

La compactación y cobertura diaria de los desechos depositados en la celda.

La implementación de actividades necesarias para el cierre definitivo de la celda transitoria.

Figura 10

Modelo de una celda transitoria de un relleno sanitario



Nota: La figura muestra el diseño de las celdas de un relleno sanitario
Extraído (Ministerio del Ambiente, 2010).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

➤ AMBIENTE

Dicho término "ambiente" se refiere a la interacción de elementos naturales y aquellos creados por la actividad humana en un espacio y período de tiempo específicos. (Ley ambiental de protección a la tierra en el distrito federal, 2000).

➤ INFRAESTRUCTURA DE DISPOSICIÓN FINAL

Las instalaciones equipadas asimismo operadas de manera correcta las cuales permiten la disponibilidad segura desde una perspectiva sanitaria y ambiental de todo residuo de característica sólida incluyen tanto los rellenos de seguridad como también sanitarios. Estas instalaciones son esenciales para garantizar que los residuos sólidos se manejen de manera adecuada y que no causen daños a la salud humana ni al entorno ambiental. (Ministerio de Salud, 2010)

➤ RELLENO SANITARIO

Viene a ser un método de disposición final de residuos de característica sólida en el suelo que está diseñado de manera que no cause molestias ni represente riesgos dirigidos hacia la salud pública o seguridad. Además, se asegura de no perjudicar el medio ambiente durante su funcionamiento ni después de su cierre. Este enfoque emplea principios de ingeniería para confinar eficientemente los desechos en un área reducida, cubriéndolos con capas de tierra de manera diaria asimismo compactándolos para minimizar su volumen. También se aborda el control de los problemas que podrían surgir debido a los gases como líquidos generados por la descomposición del material orgánico. (Jaramillo, 2002)

➤ RELLENO SANITARIO DE SEGURIDAD

De acuerdo con la definición proporcionada por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), viene a ser una instalación o

infraestructura específicamente diseñada a fin de confinar y gestionar el residuo que poseen características demasiado peligrosas para la salud humana y el medio ambiente. Su enfoque principal es garantizar la contención segura de estos residuos y prevenir cualquier impacto negativo sobre la salud de la población como también entorno ambiental. (OEFA, 2012).

➤ **ENTORNO NATURAL**

Es la interrelación entre los seres humanos y su entorno natural, incluyendo tanto los aspectos físicos como los aspectos culturales y sociales. Esta perspectiva más amplia reconoce que el entorno natural no solo consiste en elementos como el paisaje, la flora y la fauna, sino que también abarca las interacciones humanas, las tradiciones culturales y la sociedad en su conjunto. Además, menciona que los componentes físicos, químicos y biológicos tienen un impacto directo o indirecto en las personas y su entorno, enfatizando la importancia de comprender y gestionar estos componentes para mantener un equilibrio adecuado en el entorno natural. (FAO, 2001).

➤ **DECLARACIÓN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Una "Declaración de Manejo de Residuos Sólidos" es un documento técnico y administrativo que tiene la naturaleza de una declaración jurada. Es emitido por la entidad o individuo que genera residuos no municipales y detalla cómo se han manejado dichos residuos bajo su responsabilidad. Esta declaración proporciona información sobre las estrategias enfocadas a aminorar la producción del desecho, como también sobre el sistema para la manipulación de dicho residuo utilizado por la entidad generadora o empresa. Además, abarca detalles sobre la cantidad y peligrosidad de los residuos, las operaciones y procesos relacionados, cómo se ejecutan asimismo los aspectos administrativos pertinentes definidos en los formularios que correspondan. La finalidad de esta declaración es documentar y transparentar el manejo de los residuos sólidos por parte del generador y cumplir con las regulaciones ambientales aplicables. (Ministerio del Ambiente, 2016).

➤ **MANIFIESTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Viene a ser el documento técnico y administrativo el cual tiene como objetivo rastrear y supervisar el manejo de todos los residuos sólidos peligrosos, desde su origen hasta su disposición final. Este manifiesto proporciona información detallada sobre el nacimiento de la producción del desecho, sus características, el traslado como también el proceso de disposición final. Está diseñado en especiales formularios y debe ser registrado por el que origina dichos desechos, así como por todos los operadores que participan en el proceso de manejo y disposición final de estos residuos. El manifiesto sirve como un mecanismo de control y seguimiento que garantiza la gestión adecuada y segura de los residuos sólidos peligrosos, cumpliendo con las regulaciones ambientales. (Ministerio del Ambiente, 2016).

➤ **PLAN DE MINIMIZACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Viene a ser un documento enfocado a la planificación elaborado por los productores de todo residuo no municipal. Este plan llega a describir toda acción como también estrategias que el generador debe implementar para minimizar y gestionar adecuadamente los residuos sólidos que produce, con el objetivo de garantizar un manejo ambiental y sanitariamente seguro. En el caso de actividades sujetas al SEIA (Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental), dicho plan llega a integrarse en el instrumento de gestión ambiental perteneciente a la empresa o institución generadora. En resumen, dicho plan llega a establecer directrices como también procedimientos enfocados a la minimización y gestión óptima de los residuos de característica sólida generados. (Ministerio del Ambiente, 2016).

➤ **CELDAS TRANSITORIAS**

Una "celda transitoria" es un espacio temporal donde se depositan los residuos sólidos municipales antes de su disposición final. (OEFA, 2018).

➤ TRATAMIENTO

Todo proceso, método técnico el cual llegue a permitir transformar la característica biológica, química o física del residuo de característica sólida, con tal de suprimir o aminorar su potencial peligro de ocasionar al medioambiente como a la salud. (Ministerio de Salud, 2012).

2.4. HIPÓTESIS

Hi: La capacidad de adsorción del sulfato férrico es diferente a la capacidad de adsorción de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) más el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados en un relleno sanitario, Ambo, 2023.

H0: La capacidad de adsorción del Sulfato férrico no es diferente a la capacidad de adsorción de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) más el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados en un relleno sanitario, Ambo, 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Capacidad de adsorción

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Remediación de lixiviados

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Unidad de medida	Tipo de variable	
<i>Variable independiente:</i> Capacidad de adsorción	Tipos de absorbentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sulfato férrico. ▪ g ▪ Penca de tuna (Opuntia ficus-indica) + Jacinto de agua ((Eichhornia crassipes) ▪ mg 	Nominal	
	Parámetros físicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ph ▪ Temperatura ▪ Conductividad 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unidad ▪ °C ▪ µS/cm 	Numérica
<i>Variable dependiente:</i> Remediación de lixiviados	Parámetros químicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coliformes fecales o termotolerantes ▪ Demanda bioquímica de oxígeno ▪ Sólidos totales en suspensión ▪ Demanda química de oxígeno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ NMP/100 mL. ▪ mg/L ▪ mg/L ▪ mg/L 	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Conforme a Supo, J. y Zacarías (2020) indica que el estudio es con intervención del investigador ya que la investigación implica la participación activa del investigador, ya que se emplearon datos provenientes de mediciones controladas por el propio investigador o solicitadas específicamente para la investigación. Por lo general, estos estudios son longitudinales, ya que el investigador interviene o manipula las unidades de estudio para examinar posibles cambios en la variable manipulada. Estos estudios suelen incluir un pretest y un post test, es decir, una medición previa para luego compararla con una segunda medición después de la intervención. Se consideran siempre estudios analíticos porque involucran 2 variables analíticas: la variable manipulada asimismo la segunda variable donde se esperan visualizar modificaciones. Estos estudios también son de tipo causa y efecto, ya que los resultados de la medición de la variable estudiada se atribuyen a la intervención del investigador.

El estudio es con control de la medición de la variable de estudio porque se utilizan datos que provienen de mediciones con control de los sesgos de medición, considerándose datos precisos y exactos (datos primarios) cumpliéndose con el protocolo de medición correspondiente a cada especialidad.

3.1.1. ENFOQUE

Esta investigación pertenece al enfoque investigación cuantitativa ya que se basa en el análisis del tratamiento de los lixiviados para conocer la eficacia que tiene la variable dependiente el cual llega a darse en la manipulación de la que viene a ser variable independiente, podrían llegar a concluirse llegando a utilizarse a fin de probar las hipótesis a través del uso de los métodos estadísticos asimismo recomendar

aminorar todo residuo como también aprovechamiento en otras actividades. (Hernández & Fernández, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se encuentra en el nivel relacional, ya que busca detallar las características con mayor relevancia de la unidad de análisis asimismo recopila información integralmente respecto a las variables objeto de estudio (Hernández & Fernández, 2014).

3.1.3. DISEÑO

Dicho estudio tiene el diseño experimental, este tipo de diseño va más alineado con una perspectiva científica, se refiere a una investigación en la que el investigador manipula deliberadamente una variable independiente (considerada como posible causa antecedente) o más con el fin de examinar los efectos que esta manipulación llega a tener en una variable dependiente (supuesto efecto consecuente) o más, todo ello en un entorno controlado por el investigador. Aunque esta definición pueda parecer complicada, su significado se clarificará a medida que se analicen sus componentes (Hernández & Fernández, 2014).

La investigación consiste en realizar un muestreo pre – test a los lixiviados forman parte de la observación 1 (O1), se contará con 2 grupos experimentales, el grupo 1 será intervenido con el Sulfato férrico y el grupo 2 será intervenido con una dosis de Penca de tuna (Opuntia ficus-indica) + Jacinto de agua (Eichhornia Crassipes) finalmente se realizará un muestreo post – test (Observación 2), con los datos obtenidos se realizará la comparación de ambos grupos experimentales.

GE1: O1 ----- X ----- O2

GE2: O1 ----- Y ----- O2

GE 1: Grupo experimental 1

O1: Muestreo pre - test

O2: Muestreo post - test

GE 2: Grupo experimental 2

X: Intervención con el Sulfato férrico.

Y: Intervención con la Penca de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) + Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*).

Tabla 9

Diseño experimental

CLAVE	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
X	T0	Lixiviado
X	XR1	Lixiviado 5L + 100g de sulfato férrico
X	XR2	Lixiviado 5L + 50g de sulfato férrico
X	XR3	Lixiviado 5L + 25g de sulfato férrico
X	XR4	Lixiviado 5L + 10g de sulfato férrico
Y0	T0	Lixiviado
Y	YR1	Lixiviado con Penca de tuna con Jacinto de agua. 5L (100g mucílago + 100 plantas)
Y	YR2	Lixiviado con Penca de tuna con Jacinto de agua. 5L (50g mucílago + 50 plantas)
Y	YR3	Lixiviado con Penca de tuna con Jacinto de agua. 5L (25g mucílago +25plantas)
Y	YR4	Lixiviado con Penca de tuna con Jacinto de agua. 5L (10g mucílago +10 plantas)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Los lixiviados del relleno de Tarapata, generados por todo residuo de características solidas generados de toda una semana procedentes de la provincia de Ambo.

Tabla 10

Localización de la población

Localización UTM zona 18L	
Norte	Este
8882614.8	368793.2

Nota: La tabla muestra las coordenadas UTM del relleno sanitario .

3.2.2. MUESTRA

La muestra es una parte o un subconjunto de una población en estudio, en este caso las muestras consisten en 50 litros de lixiviados, provenientes del relleno sanitario de Ambo.

3.2.3. UBICACIÓN

El presente estudio se ejecutó en el departamento de Huánuco, en el relleno sanitario de Ambo, llega a adjuntarse el mapa de ubicación en el anexo 4.

Ubicación política

Región: Huánuco.

Provincia: Ambo.

Distrito: Ambo.

Lugar : Tarapata- Ponga.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICA

En el estudio que se presenta llegó a usarse como técnica la observación.

A. Observación

Consiste en recolectar todos los datos posibles mediante la observación en campo de manera ordenada para los resultados de la investigación.

B. Caracterización de lixiviados

Llegaron a realizarse nueve muestreos de los lixiviados asimismo llegaron a determinarse los parámetros siguientes: pH, demanda química de oxígeno (total como también soluble), COT, turbidez, Alcalinidad, SST, sólidos suspendidos volátiles, sólidos totales, sólidos totales volátiles. Todas las determinaciones analíticas llegaron a realizarse conforme a los Standard Methods. (APHA-AWWAWPCF, 1998)

La obtención de muestras del lixiviado generado por la descomposición de todo residuo que llega a depositarse en el interior de las celdas llegará a darse en la balsa designada para su acopio, a donde llegan a direccionarse la totalidad de conductos de extracción de las diversas celdas. Alternativamente, también se puede realizar la toma de muestras en los pozos de registro de los lixiviados, como llega a detallarse en la Instrucción Técnica ITPVNP 03/02 titulada "Toma de muestra de lixiviados y agua".

En el vertedero, se han instalado pozos de registro del lixiviado equipados con unas bombas neumáticas las cuales actúan como puntos de monitoreo. Estas muestras se toman con el propósito de llevar a cabo un control analítico del lixiviado, siguiendo las pautas establecidas en el PVNP 04, titulado "Control analítico de aguas y residuos", asimismo con el mismo lapso que se especifica en ese procedimiento. Además, ocasionalmente llegan a realizarse mediciones en los pozos de registro de los lixiviado de las celdas en explotación o ya explotadas, con el fin de determinar la extensión a la que llega a alcanzar dichos lixiviados en el interior del depósito de la celda.

En cuanto a todo resultado de la medición llegará a registrarse en los RPVNP 03/02: "Medidas pozos de lixiviado". Llegando anotarse en ese registro los datos a continuación:

- Fecha de la medición

- Longitud (metros) que dicho lixiviado llega a alcanzar a partir del fondo (desigualdades entre las profundidades previas)
- Profundidad (metros) a partir de la boca del pozo hasta el fondo del vaso
- Profundidad (metros) a partir de la boca del pozo hasta el lixiviado
- Pozo de la medición

C. Determinación de los parámetros físicos y químicos

Para la obtención de los datos de los parámetros físicos y químicos será necesario enviar al laboratorio acreditado por la INACAL, la muestra obtenida del relleno sanitario, antes y después del tratamiento para poder realizar la comparación del tratamiento de lixiviados.

D. Determinación de dosis óptima de coagulantes para el tratamiento

Para la obtención de todo dato de floculación como también sedimentación para los indicadores físicos y químicos será necesario enviar al laboratorio acreditado por la INACAL,

E. Obtención de los componentes Penca de Tuna

Para la obtención de la penca se escogió del mismo distrito de Huácar, de la provincia de Ambo, seleccionamos las pencas que tienen entre 2 y 3 años de edad y la cosecha se realiza en la mañana debido a los niveles ácidos los cuales llegan a variar dependiendo de la hora en la que se recolectan, ya que se trata de plantas que cuyo metabolismo de las crasálceas viene a ser ácido (Corrales, et.al, 2004)

Después de la cosecha removimos las espinas de forma manual con un cuchillo afilado se lavó con agua limpia. (Saenz, et.al, 2006).

Retiramos las espinas con un cuchillo común se cortó por la mitad, con el propósito de preservar la mayor porción posible de parénquima como también colénquima, ya que en estas áreas llegan a concentrar la mayoría de las células las cuales el mucílago llega a almacenar (Sepúlveda, et.al, 2007)

Jacinto de Agua

Llegó a recolectarse en el tiempo de la maduración, Promedio de tres meses de edad, de los ojos de agua del valle, para la recolección primero se evaluó que las raíces estuvieran bien y plantas solamente sanas, teniendo en cuenta un pequeño lavado dentro de su lugar de origen, se llevó baldes y tinas para su transporte, luego en el lugar donde se ejecutó se procedió a introducir los jancitos, no son antes desinfectar con agua destilada, promedio de 5 jancitos de agua por balde con lixiviados y así la raíz llegó a ser mayor, haciendo aumentar que los nutrientes provenientes del lixiviado sean absorbidos..

3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento que llegó a usarse en la investigación fue:

Multiparámetro: Para determinar la conductividad y el pH.

Colorímetro: Para determinar la eficiencia de remoción de DQO (laboratorio externo)

Tabla 11

Técnicas e instrumentos

Variable	Indicadores	Técnicas	Instrumentos o Recursos
	Sulfato férrico.	Observación	Vaso precipitado y pipeta
Capacidad de adsorción	Penca de Tuna (Opuntia ficus-indica) + Jacinto de Agua (Eichhornia Crassipes)	Observación	Vaso precipitado y pipeta

Remedación de lixiviados	Parámetros físicos	Observación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ph - metro ▪ Ph - metro ▪ VPT01 ▪ Multiparámetro de calidad de agua
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH ▪ Temperatura ▪ Conductividad ▪ Coliformes fecales o termotolerantes 		
	Parámetros químicos		Parámetros químicos
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demanda bioquímica de oxígeno ▪ Sólidos totales en suspensión ▪ Demanda química de oxígeno 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ph - metro ▪ Multiparámetro de calidad de agua ▪ Multiparámetro de calidad de agua

Nota: La tabla muestra la descripción de la técnica e instrumentos que se usaran para medir cada variable.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El estudio presentado en el diseño enfocado a la comparación de dos tratamientos, estos llegan a corresponder a cada recipiente, llegó a instalarse 09 recipientes para el tratamiento de los lixiviados. Para el procesamiento de los datos en la presente investigación se considerará el uso del software estadístico IBM SPSS y con el software Excel 2016 con lo cual será posible la presentación de tablas y gráficos estadísticos que se encontrarán en orden y de forma precisa.

La hipótesis se comprobará mediante el análisis estadístico de Chi cuadrado y T de Student y luego para ver la capacidad de adsorción, se utilizará la prueba de Kolmogórov – Smirnov para poder ver las diferencias de las medias de cada tratamiento.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Este capítulo se dedica a la presentación detallada y discusión de los resultados obtenidos en la investigación. Se busca analizar la capacidad de adsorción del $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ como también de la penca de la tuna asistida con el jacinto de agua a fin de lograr la remediación de los lixiviados.

Introducción al Análisis Descriptivo

Análisis de Parámetros químicos en la Muestra PM-A

La muestra PM-A presenta una alta demanda de oxígeno, tanto bioquímica como química, lo que indica una alta concentración de materia orgánica e inorgánica. Por otro lado, la presencia mínima de coliformes fecales sugiere que la contaminación bacteriana es baja. Estos datos proporcionan una base sólida para evaluar la eficacia de los tratamientos propuestos en la investigación.

Fecal Coliform

El valor es extremadamente bajo, registrándose en menos de $1.80\text{E}-00$. Esto indica una presencia mínima o nula de coliformes fecales en la muestra.

DBO (Demanda bioquímica de oxígeno)

Con un valor de 8042 mg/L , la DBO es el parámetro con el valor más alto en el gráfico. Este valor representa la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica en el lixiviado.

STS (Sólidos Totales Suspendidos)

Este parámetro muestra un valor de 41 mg/L , indicando la cantidad de partículas suspendidas presentes en la muestra.

DQO (Demanda química de oxígeno)

Con un valor de 1812 mg/L, la DQO representa la cantidad total de oxígeno necesario para oxidar completamente la materia orgánica e inorgánica presente en la muestra.

Tabla 12

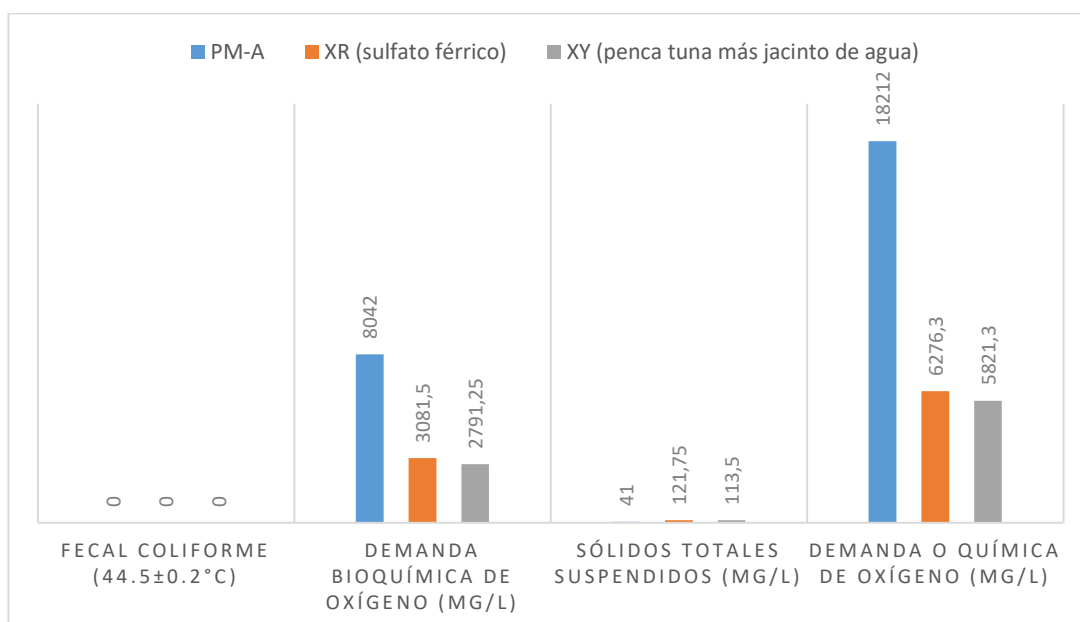
Parámetros de la muestra inicial y final

PARAMETROS	PM-A	XR (sulfato férrico)	YR (penca tuna más jacinto de agua).
Fecal Coliforme (44.5±0.2°C)	<1,80E+00	0	0
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	8042	3081.5	2791.25
Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)	41	121.75	113.5
Demanda o química de oxígeno (mg/L)	18212	6276.3	5821.3

Nota: La tabla muestra los parámetros químicos de la muestra antes y después de la absorción de la penca y Sulfato férrico.

Figura 11

Parámetros químicos iniciales y finales

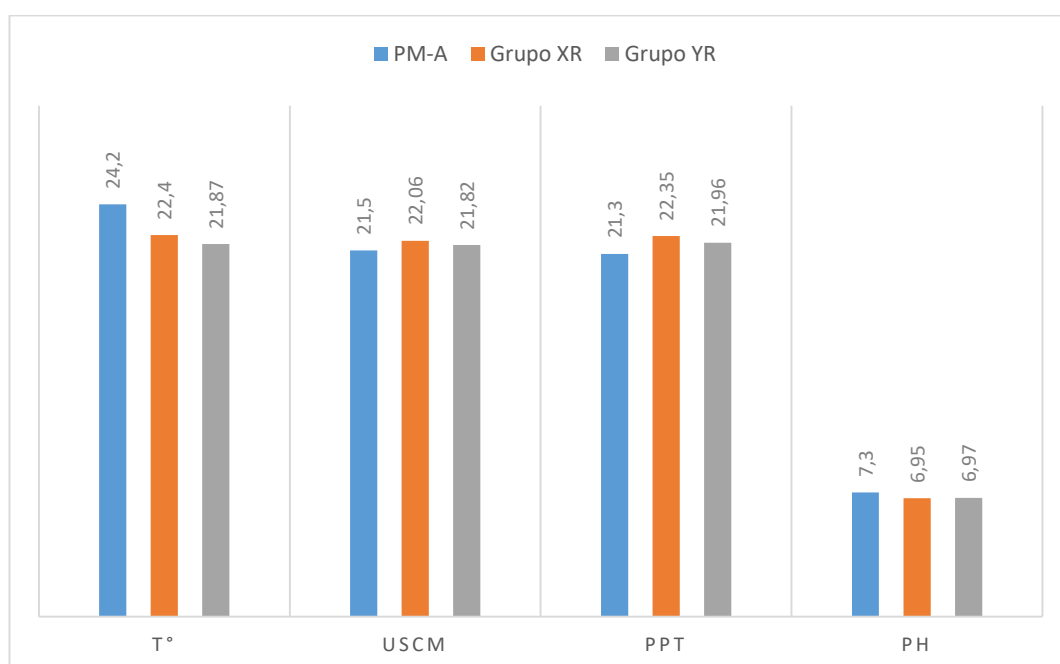


Nota: La figura muestra mediante un gráfico de barras parámetros químicos antes de la intervención (PM-A) y después de la intervención con sulfato y penca con jacinto de agua.

Tabla 13*Parámetros físicos iniciales y finales*

Parámetros físicos	PM-A	Grupo (sulfato férrico)	XR	Grupo (penca más jacinto de agua).	YR
T°	24.2	22.4	21.87		
USCM	21.5	22.06	21.82		
PPT	21.3	22.35	21.96		
PH	7.3	6.95	6.97		

Nota: los parámetros físicos iniciales son los de la columna PM-A (parámetro inicial), y los parámetros físicos finales de las pruebas XR y YR son la columna continua ambos expresando mejoría de los resultados.

Figura 12*Parámetros físicos iniciales y finales*

Nota: La figura muestra mediante un gráfico de barras parámetros físicos antes de la intervención (PM-A) y después de la intervención con sulfato férrico (XR) y penca con Jacinto de agua (YR).

El análisis descriptivo permite obtener una visualización global referente a los datos recolectados, proporcionando medidas de tendencia central,

dispersión asimétrica forma de la distribución de los datos. A continuación, se presentan las estadísticas descriptivas para los parámetros estudiados en los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca tuna más jacinto de agua).

Tabla 14

Estadísticas descriptivas para DBO (mg/L) inicial y final

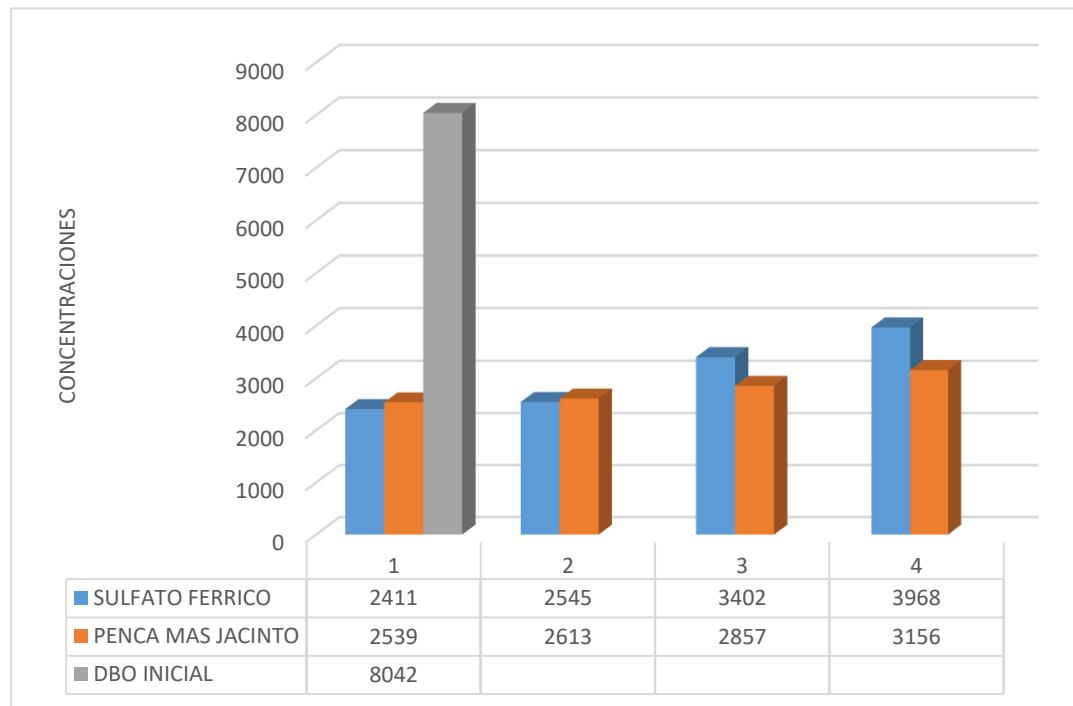
Grupo	Media	Mediana	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Inicial Lixiviado	8042	8042	0,000	8042	8042
XR (sulfato férrico)	3081.5	2973.5	368.104	2411	3968
YR (penca tuna más jacinto de agua).	2791.25	2735	130.275	2539	3156

Nota: La tabla muestra los datos estadísticos para el parámetro del DBO (demanda bioquímica de oxígeno)

La DBO es un indicador de la cantidad de materia orgánica presente en el agua, y su reducción es esencial para la remediación de lixiviados. En el grupo XR (sulfato férrico), que podría representar el tratamiento con sulfato férrico, la media de DBO es de 3081.5 mg/L, con una variabilidad (error estándar) de 368.104 mg/L. Por otro lado, en el grupo YR (penca más jacinto de agua), que podría representar el tratamiento con la penca de tuna asistida con el jacinto de agua, la media de DBO es ligeramente menor, siendo 2791.25 mg/L, con una menor variabilidad de (error estándar) 130.275 mg/L. Esto sugiere que ambos tratamientos son efectivos en la mejoría de la DBO, pero el grupo YR (penca más jacinto de agua) podría tener una ligera ventaja en términos de consistencia.

Figura 13

Análisis descriptivo para el DBO (mg/L) inicial y después en los grupos XR (sulfato férrico) y



YR (penca más jacinto de agua)

Nota: La figura muestra mediante un gráfico del análisis descriptivo de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y después de la intervención con sulfato y penca con Jacinto de agua.

Este gráfico de barras representa la concentración de DBO (mg/L) inicial con las muestras de los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más Jacinto de agua). Cada barra corresponde a una muestra específica, y su altura indica la concentración de DBO. A través de este gráfico, es posible visualizar rápidamente las diferencias y similitudes en las concentraciones de DBO entre la primera muestra inicial con las diferentes muestras entre los dos grupos.

Tabla 15*Estadísticas descriptivas para Sólidos Totales Suspendidos (mg/L), inicial y final*

Grupo	Media	Mediana	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Inicial	41	41	0,000	41	41
Lixiviado XR (sulfato férrico)	121.75	123	8,107	102	139
YR (penca más jacinto de agua).	113.5	119.5	7.577	91	124

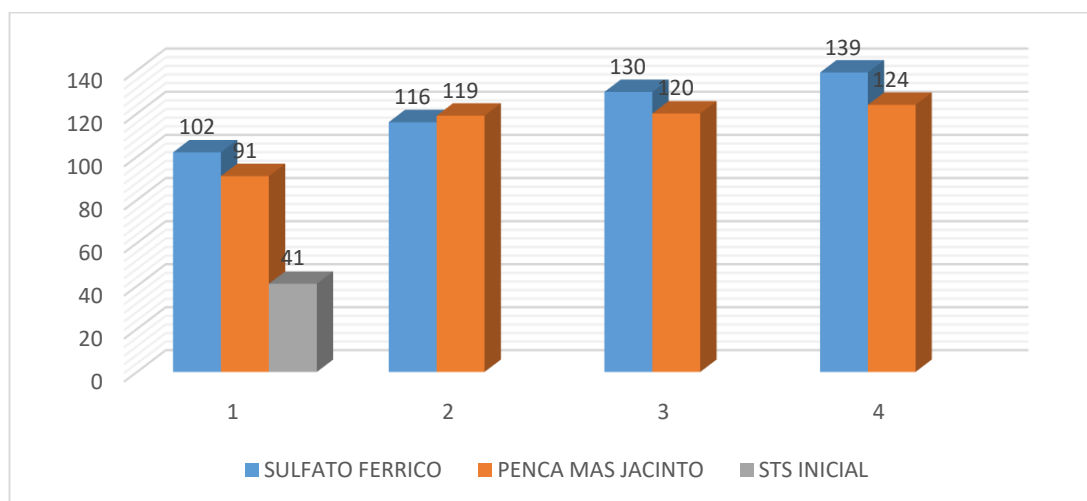
Nota: La tabla muestra los datos estadísticos del parámetro de los Sólidos Totales Suspendidos.

Los Sólidos Totales Suspendidos (STS) son partículas que están dispersas en el agua y que pueden ser removidas mediante filtración. Su reducción es crucial para mejorar la calidad del agua tratada. En el grupo XR (sulfato férrico), la media de STS es de 121.75 mg/L, con una variabilidad de (error estándar) 8.107 mg/L. En el grupo YR (penca más jacinto de agua), la media es ligeramente menor, siendo 113.5 mg/L, con una variabilidad de (error estándar) 7.577 mg/L.

Estos resultados indican que ambos tratamientos son efectivos en la reducción de STS, pero nuevamente, el grupo YR (penca más jacinto de agua) muestra una ligera ventaja en términos de eficacia y consistencia.

Figura 14

Análisis descriptivo para los Sólidos Totales Suspendidos (mg/L) inicial y después en los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua)



Nota: La figura muestra mediante un gráfico del análisis descriptivo de los Sólidos Totales Suspendidos (mg/L) antes y después de la intervención con sulfato y penca con jacinto de agua.

Este gráfico de barras muestra la concentración de Sólidos Totales Suspendidos (mg/L) en las muestras de los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua). Al igual que el gráfico anterior, cada barra representa una muestra, y su altura indica la concentración de Sólidos Totales Suspendidos. Esta representación gráfica permite identificar variaciones en la concentración de sólidos en suspensión entre las muestras y comparar los resultados entre los dos grupos.

Tabla 16*Estadísticas descriptivas para DQO (mg/L)*

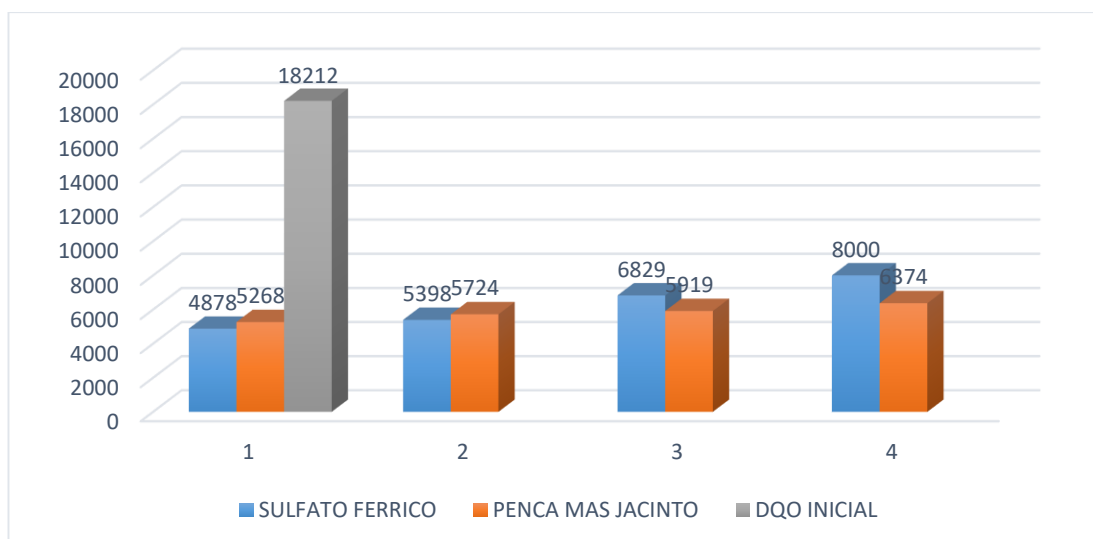
Grupo	Media	Mediana	Error Estandar	Límite Inferior	Limite Superior
Inicial Lixiviado	18212	18212	0,000	18212	18212
XR (sulfato férrico)	6276.3	6113.5	707.30	4878	8000
YR (penca más jacinto de agua).	5821.3	5821.5	229.243	6268	6374

Tabla: La tabla muestra los datos estadísticos del parámetro DQO (Demanda Química de Oxígeno) indicando datos como media, mediana, error estándar, límite inferior y superior.

La DQO es un indicador de la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de la materia orgánica presente en el agua, y su reducción es esencial para la remediación de lixiviados. En el grupo XR (sulfato férrico), que podría representar el tratamiento con sulfato férrico, la media de DBO es de 6.276.3 mg/L, con una variabilidad (error estándar) de 707.30 mg/L. Por otro lado, en el grupo YR (penca más jacinto de agua), que podría representar el tratamiento con la penca de tuna asistida con el jacinto de agua, la media de DQO es ligeramente menor, siendo 5821.3 mg/L, con una menor variabilidad de error estándar de 229.243 mg/L. Esto sugiere que ambos tratamientos son efectivos en la reducción de la DQO, pero el grupo YR (penca más jacinto de agua) podría tener una ligera ventaja en términos de consistencia.

Figura 15

Análisis descriptivo para la Demanda Química de Oxígeno (mg/L) inicial y después en los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua)



Nota: La figura muestra mediante un gráfico del análisis descriptivo de la Demanda Química de Oxígeno (mg/L) antes y después de la intervención con sulfato y penca con jacinto de agua.

Tabla 17

Análisis descriptivo para coliformes fecales

Grupo	N (número de casos)	Moda	Frecuencia
XR	4	<1,80E+00	3
YR	4	<1,80E+00	3

Nota: La tabla muestra el número de casos de XR (sulfato férrico) y YR (penca tuna más jacinto de agua) usados para el análisis descriptivo de los coliformes fecales

La mayoría de las muestras en ambas series presentan valores consistentemente bajos de Fecal Coliform (<1,80E+00). Sin embargo, se observa un ligero aumento en XR-04 y YR-04 (<1,80E+01) en comparación con la muestra inicial y otras muestras.

COMPARACION DE HIPOTESIS

H1: La capacidad de adsorción del sulfato férrico es diferente a la capacidad de adsorción de la Penca de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) más el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados en un relleno sanitario, Ambo, 2023.

H0: La capacidad de adsorción del sulfato férrico no es diferente a la capacidad de adsorción de la Penca de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) más el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados en un relleno sanitario, Ambo, 2023.

procedimientos estadísticos: siendo que se trata de variables obtenidas de los tratamientos de los grupos XR, YR, se plantea el uso de T-Student.

Tabla 18

Cálculo del sig.(bilateral) DBO (Demanda Bioquímica Oxígeno)

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
VALORES DE DATOS	Se asumen varianzas iguales	8.351	0.028	0.737	6	0.489	290.25	393.571	-672.783	1253.283
	No se asumen varianzas iguales			0.737	7	0.503	290.25	393.571	-820.469	1400.969

Para la Prueba de Levene de calidad de varianzas para el DBO (Demanda Bioquímica Oxígeno), se observa que, al asumir varianzas iguales, el valor de F es 8.351 con un p-valor de 0.028, lo que indica una diferencia significativa en las varianzas. En este caso, el estadístico t es 0.737 con 6 grados de libertad. Por otro lado, al no asumir varianzas iguales, el valor de t

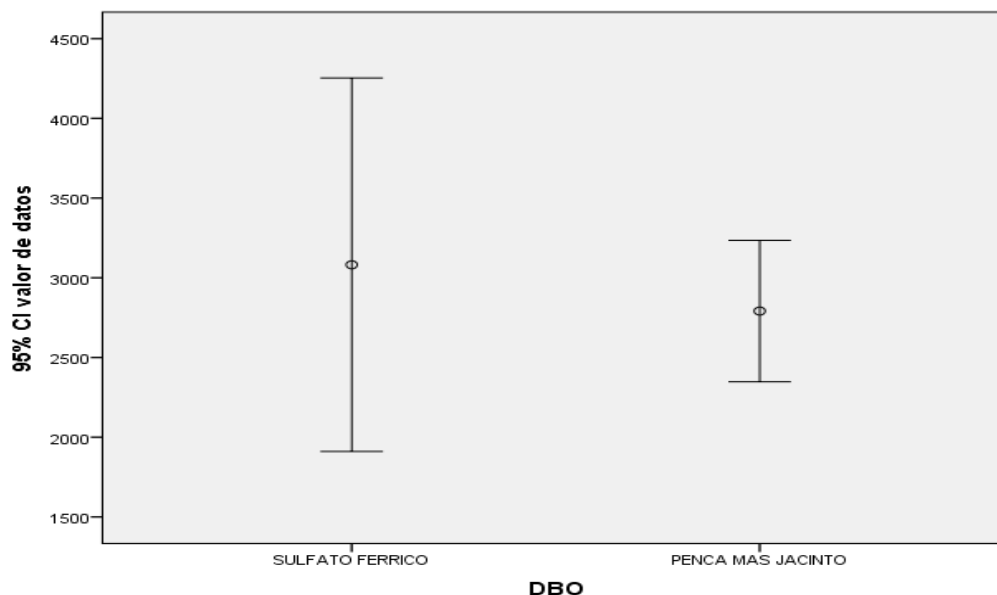
es 0.737 con un p-valor de 3.842. La prueba de Levene evalúa si las varianzas de los dos grupos son iguales. En este caso, el valor p asociado a la prueba de Levene cuando se asumen varianzas iguales es 0.028, lo que sugiere que hay una diferencia significativa en las varianzas entre los dos grupos, ya que es menor que el nivel de significancia de 0.05. Cuando no se asumen varianzas iguales, el valor p es 3.842, lo que no sugiere una diferencia significativa en las varianzas.

En cuanto a la prueba t para la igualdad de medias, se obtiene un p-valor de 0.489 y 0.503 para dos casos diferentes. La diferencia de medias es 290.250 con un error estándar de 393.571. Los intervalos de confianza del 95% para la diferencia de medias varían entre -672.783 y 1253.283, y entre -820.469 y 1400.969 respectivamente. Para ambos casos, los valores p obtenidos (0.489 y 0.503) son mayores que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las medias de los grupos son iguales.

Dado que los valores p son mayores que el nivel de significancia de 0.05 tanto la prueba de Levene como la prueba t, no hay suficiente evidencia en rechazar la hipótesis nula en ningún de los casos. Esto sugiere que no hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos ni entre las medias de los grupos.

Figura 16

Análisis diferencial entre las dos muestras de la DBO (Demanda Bioquímica Oxígeno) tanto en el grupo grupos XR (sulfato férrico) la muestra y YR (penca más jacinto de agua) son diferentes medias, donde la muestra 1 sulfato férrico producen una resistencia superior a la muestra 2 penca más jacinto



Nota: La figura muestra la diferencia de las medias en el parámetro de Demanda Bioquímica Oxígeno entre el grupo XR (sulfato férrico) la muestra y YR (penca más jacinto de agua).

Tabla 19

Cálculo del sig.(bilateral) STS Sólidos Totales Suspendidos

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
VALORES DE DATOS	Se asumen varianzas iguales	.084	.782	.743	6	.485	8.250	11.097	-18.904	35.404
	No se asumen varianzas iguales			.743	5.973	.485	8.250	11.097	-18.934	35.434

Para la Prueba de Levene de calidad de varianzas para el STS (Sólidos Totales Suspendidos), se observa que, al asumir varianzas iguales, el valor

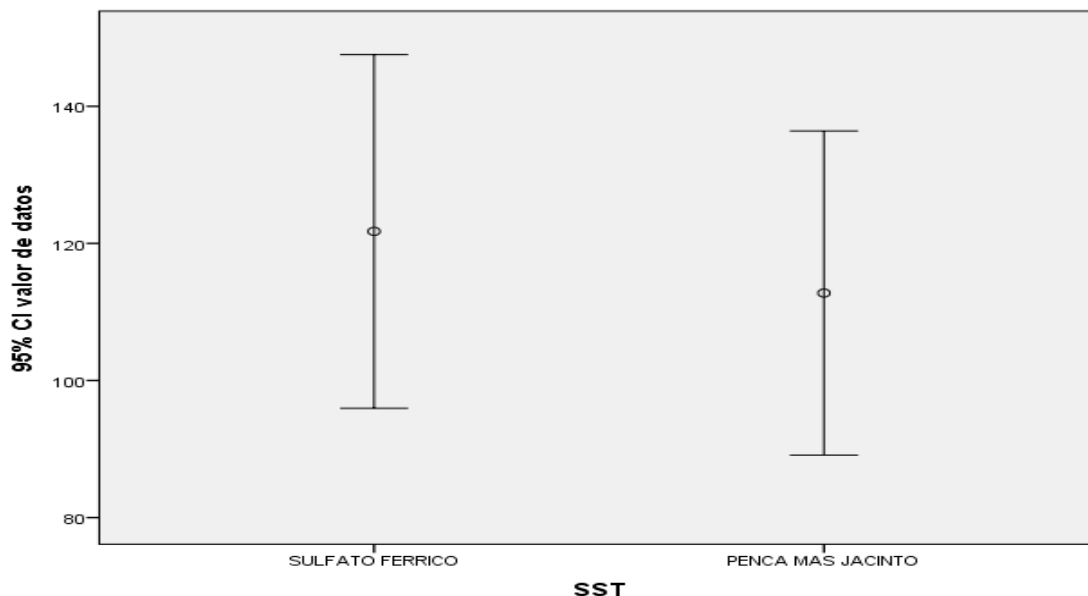
de F es 0.084 con un p-valor de 0.782, lo que indica de que hay una diferencia significativa en las varianzas. En este caso, el estadístico t es 0.743 con 6 grados de libertad. Por otro lado, al no asumir varianzas iguales, el valor de t es 0.743 con un p-valor de 5.973. La prueba de Levene evalúa si las varianzas de los dos grupos son iguales. En este caso, el valor p asociado a la prueba de Levene cuando se asumen varianzas iguales es 0.782, lo que sugiere que hay una diferencia significativa en las varianzas entre los dos grupos, ya que es menor que el nivel de significancia de 0.05. Cuando no se asumen varianzas iguales, el valor p es 5.973, lo que no sugiere una diferencia significativa en las varianzas.

En cuanto a la prueba t para la igualdad de medias, se obtiene un p-valor de 0.485 y 0.485 para dos casos diferentes. La diferencia de medias es 8.250 con un error estándar de 11.097. Los intervalos de confianza del 95% para la diferencia de medias varían entre -18.904 y 35.904, y entre -18.934 y 35.434 respectivamente. Para ambos casos, los valores p obtenidos (0.485 y 0.485) son mayores que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las medias de los grupos son iguales.

Dado que los valores p son mayores que el nivel de significancia de 0.05 tanto la prueba de Levene como la prueba t, no hay suficiente evidencia en rechazar la hipótesis nula en ningún de los casos. Esto sugiere que no hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos ni entre las medias de los grupos.

Figura 17

Análisis diferencial entre las dos muestras de la Sólidos Totales Suspendedos (mg/L) (tanto en el grupo grupos XR (sulfato férrico) la muestra y YR (penca más jacinto de agua) son diferentes medias, donde la muestra 1 sulfato férrico producen una resistencia superior a la muestra 2 penca más jacinto



Nota: La figura muestra la diferencia de las medias en el parámetro de la Sólidos Totales Suspendedos entre el grupo XR (sulfato férrico) la muestra y YR (penca más jacinto de agua).

Tabla 20

Cálculo del sig.(bilateral) DQO Demanda Química Oxígeno

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior		Superior
VALORES DE DATOS	Se asumen varianzas iguales	4.100	.089	.421	6	.688	330.000	783.909	-1588.155	2248.155
	No se asumen varianzas iguales			.421	4.302	.694	330.000	783.909	-1787.486	2447.486

Para la Prueba de Levene de calidad de varianzas para el DQO (Demanda química Oxígeno), se observa que, al asumir varianzas iguales, el

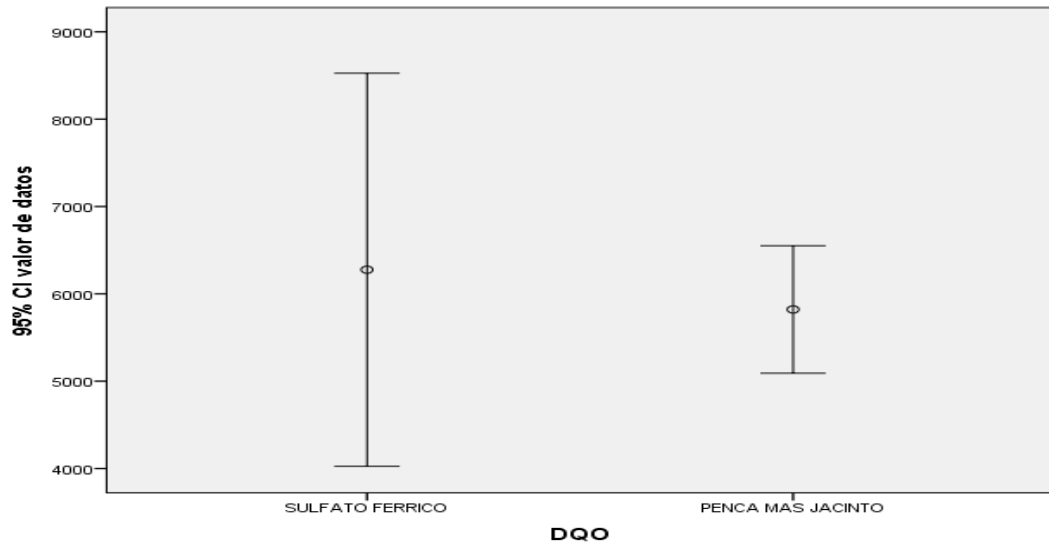
valor de F es 4.100 con un p-valor de 0.089, lo que indica que hay una diferencia significativa en las varianzas. En este caso, el estadístico t es 0.421 con 6 grados de libertad. Por otro lado, al no asumir varianzas iguales, el valor de t es 0.421 con un p-valor de 4.302. La prueba de Levene evalúa si las varianzas de los dos grupos son iguales. En este caso, el valor p asociado a la prueba de Levene cuando se asumen varianzas iguales es 0.089, lo que sugiere que hay una diferencia significativa en las varianzas entre los dos grupos, ya que es menor que el nivel de significancia de 0.05. Cuando no se asumen varianzas iguales, el valor p es 4.302, lo que no sugiere una diferencia significativa en las varianzas.

En cuanto a la prueba t para la igualdad de medias, se obtiene un p-valor de 0.421 para dos casos diferentes. La diferencia de medias es 330.000 con un error estándar de 783.909. Los intervalos de confianza del 95% para la diferencia de medias varían entre -1588.155 y 2248.155, y entre -1787.486 y 2447.486 respectivamente. Para ambos casos, los valores p obtenidos (0.688 y 0.694) son mayores que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las medias de los grupos son iguales.

Dado que los valores p son mayores que el nivel de significancia de 0.05 tanto la prueba de Levene como la prueba t, no hay suficiente evidencia en rechazar la hipótesis nula en ningún de los casos. Esto sugiere que no hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos ni entre las medias de los grupos.

Figura 18

El análisis diferencial entre las dos muestras de la DQO (Demanda Química Oxígeno), tanto en el grupo grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua son diferentes medias, donde la muestra 1 sulfato férrico producen una resistencia media superior a la muestra 2 penca más jacinto



Nota: La figura muestra la diferencia de las medias en el parámetro de la Demanda Química Oxígeno entre el grupo XR (sulfato férrico) la muestra y YR (penca más jacinto de agua)

CAPÍTULO V

DISCUSIONES DE RESULTADOS

En relación con la hipótesis; La capacidad de adsorción del sulfato férrico es diferente a la capacidad de adsorción de la Penca de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) más el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados en un relleno sanitario, Ambo, 2023.

El presente estudio en los parámetros químicos como en la DBO (Demanda Química de Oxígeno) se ha constatado en el resultado de (0.489 y 0.503), los STS (Sólidos Totales Suspendidos) de (0.485 y 0.485) y en la DQO (Demanda Química de Oxígeno) de (0.688 y 0.694) es superior al valor de significancia 0.05, por lo que no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las medias de los grupos son iguales, que no hay diferencias significativas entre las varianzas y medias de los grupos.

Según Liberato (2020), se observaron diferencias de importancia en la aplicación de distintas proporciones de EM (microorganismos eficientes) en el lixiviado. Referente al tratamiento tres, se registró una notable reducción en las acumulaciones de demanda química de oxígeno como también demanda bioquímica de oxígeno, llegando a 1627mg/L y 1127mg/l de manera respectiva; en el tratamiento dos, los SST aminoraron a un 131mg/L, la conductividad eléctrica no mostró cierta relación directa empleando dichos EM, al final el pH se incrementó referente a los primeros valores, alcanzando condiciones básicas. De igual manera en el uso de la penca de la *Opuntia ficus-indica* con el *Eichhornia crassipes* en la remediación de los lixiviados se obtuvieron diferencias en los parámetros de los tratamientos, sin embargo, no fueron tan significativas ya que debieron considerarse otros factores externos.

En el caso de Damián (2018), donde no solo se centraron en la concentración del remediador sino también en el pH del medio en el que se iba a trabajar y el tiempo a someter el tratamiento, obteniendo de esta forma una mayor remediación. En el DQO 5034,3 ml/l Hasta 2854,3mg/l, se logró en el DBO un 57.2 por ciento.

Otra opción podría haber sido emplear la misma metodología que Chavéz (2011) en Chihuahua, donde no solo emplearon la fitorremediación, sino que también hicieron uso de otros tratamientos de lixiviados para así obtener una remoción mayor al 90 %. Dentro de estos procedimientos podríamos emplear los siguientes: a) procesos referentes a la coagulación/floculación /sedimentación por medio de un coagulante de tipo inorgánico; b) adsorción con el carbón encontrándose activado; c) oxidación de tipo químico por medio del reactivo Fenton como también d) membranas de ósmosis inversa.

Según Maldonado, Rodríguez & Cajiao(2017), en base a sus filtros anaeróbicos, se observa que su pH es siempre superior a 8, siendo más acida en el cual nuestro trabajo resultado siempre menor en ambos conjuntos en un rango neutro, siendo un máximo de 7.41 y con un mínimo de 6.38 , por lo que resulta nuestra tesis mejor en este parámetro respecto a este autor

Si bien es cierto según Mayorca, en su tesis reducción de carga orgánica en lixiviados mediante su proceso de foto –fenton, utilizando $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, (tricloruro férrico) y como agente oxidante H_2O_2 (peróxido de hidrogeno) llego a bajar con una exposición solar de 20min, llegando aminorar también los microorganismos fúngicos (cincuenta por ciento) como también bacterianos (treinta y siete por ciento). El cual en nuestro proyecto resulto el valor es extremadamente bajo, registrándose en menos de $1.80E-00$. Esto indica una presencia mínima o nula de coliformes fecales en la muestra.

En relación con objetivo específico describir los parámetros químicos antes y después de la adsorción con la Penca de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo, 2023. Tal como se ha podido evidencia mi hipótesis general, lo mismo se presenta en describir los parámetros químicos antes y después. La cual presenta lo inicial.

CONCLUSIONES

A partir del análisis estadístico realizado sobre los datos recolectados se detalla lo siguiente: En un enfoque descriptivo, se observaron variaciones en las concentraciones de DBO y Sólidos Totales Suspendidos entre las muestras de los grupos XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua), aunque estas diferencias resultaron no ser estadísticamente significativas. Esto sugiere que, en términos de capacidad de adsorción, ambos grupos presentan comportamientos similares.

A partir de proceso experimental se puede decir que el XR (sulfato férrico) y YR (penca más jacinto de agua) redujeron los parámetros físicos y microbiológicos a comparación de la concentración inicial, sin embargo si estos parámetros son comparados usando en referencia los límites máximos permisibles (LMP) para aguas residuales solo los Sólidos Totales Suspendidos se encuentran dentro del rango permitido, siendo mediante el uso de la penca la más baja en concentración de dicho parámetro con 113.5mg/L.

En resumen, aunque llegó a visualizarse desigualdades en cuanto a la concentración respecto a los parámetros estudiados entre las muestras, estas no fueron estadísticamente significativas. Esto subraya la importancia de considerar múltiples factores y variables en investigaciones futuras para obtener una comprensión más profunda de la capacidad de adsorción y remediación de lixiviados utilizando los materiales propuestos en diferente forma.

RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo más investigaciones adicionales centradas en la estructura vegetal de las especies macrófitas con el propósito de evaluar cuán eficaces son en la eliminación de sustancias contaminantes.

Llega a recomendarse hacer uso de las especies macrófitas típica de la zona con el fin de priorizar el periodo de empleo, porque no llegará a pasarse por el tiempo de la adaptación, reduciendo costos elevados referente a la inversión para el tratamiento de los lixiviados.

Asimismo, llega a recomendarse realizar más investigaciones para determinar la capacidad de adsorción de estas especies de macrófitos durante el tratamiento o remediación de lixiviados de rellenos sanitarios a mayor escala y durante periodo de tiempo más largo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugattas & Carnero. (2020). *Investigación sobre la realidad del caucho en desuso en Perú comparándolo con otros países*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica San Pablo]. Repositorio Institucional UCSP. https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16341/1/ABUGATTAS_DELGADO_CAM_INV.pdf
- Aguilar, H. (2017). *Remoción de CD, CR ZN y PH mediante sistema batch con presencia Cajanus cajan (L.) Huth (frijol palo) a nivel de laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1628>
- Amorim & Lima, (2018). Uso de residuos de caucho en pavimentos de asfalto: una revisión de literatura. *Revista científica multidisciplinaria base de conocimiento*. 2, 39-47. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-civil/pavimentacao-asfaltica-3>
- Arrieta, Iannone, Scervino, Vignale, & Novas. (2015). A foliar endophyte increases the diversity of phosphorus-solubilizing rhizospheric fungi and mycorrhizal colonization in the wild grass *Bromus auleticus*. *Fungal Ecol.*, 146-154.
- Cañarte & Herrera. (2015). *Estudio para determinar la factibilidad de la creación de una empresa recicladora y transformadora de caucho reciclado*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11125/1/TESIS%20CA%203%B1ARTE-HERRERA.pdf>
- Carbajal, S. & et al (2018). Módulo de vivienda con material reciclable en la ciudad de Huánuco. *Investigación Valdizana*, 12(4), 184–192. <https://doi.org/10.33554/riv.12.4.154>
- Cerda. (2007). *Aplicación de Foto-Fenton a lixiviado de rellenos sanitarios*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional

UNAM.<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/1941>

Chávez. (2011). *Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.* [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Materiales Avanzados]. Repositorio Institucional CIMAV. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/858/1/Wendy%20Margarita%20Ch%C3%A1vez%20Montes%20MCTA.pdf>

Coronado, M. (2017). *Relleno sanitario manual*. Editorial Morro Sama.

Damián. (2018). *Tratamiento de lixiviados en la etapa de compostaje mediante el proceso de coagulación con mucilago de Opuntia Ficus Indica*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5610>

Dirección General de Salud. (2006). *Gestión de los Residuos Sólidos en el Perú. Manual de Difusión Técnica N°1*. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/MANUAL%20TECNICO%20RESIDUOS.pdf>

Dirección General de Salud. (2010). *Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo a nivel nacional*. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/Residuos_EESSySMA.pdf

Dirección General de Salud Ambiental. (2006). *Gestión de los Residuos Gestión de los Residuos Gestión de los Residuos*. http://www.digesa.minsa.gob.pe/Orientacion/MANEJO_RESIDUOS_SOLIDOS_ESTABLECIMIENTOS_SALUD_SERVICIOS_MEDICOS_APOYO_CENTROS_INVESTIGACION.pdf

Decreto Legislativo N°1501. (2020, 12 de Mayo). Ministerio del Ambiente. Diario oficial El Peruano. <https://sial.minam.gob.pe/lamas/normas/decreto-legislativo-que-modifica-decreto-legislativo-no-1278-que-aprueba>

- Decreto Supremo N° 057-2004-PCM (2004, 4 de julio). Presidencia del Consejo de Ministros. Diario oficial El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/2260660-057-2004-pcm>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Módulo 2: Residuos y áreas verdes*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/aprende-prevenir-efectos-mercurio-modulo-2-residuos-areas-verdes>
- Grados, A. (2018). *La importancia de una regulación especial para la gestión de los neumáticos fuera de uso en el Perú*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15644>
- Guevara, M., & Ramirez, J. (2015). Eichhornia crassipes, SU INVASIVIDAD Y POTENCIAL FITORREMIADOR. *LA GRANJA, Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 5-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047267001>
- Gutiérrez. (2017). *Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Bacalar Quintana Roo, mediante la coagulación-floculación y foto-fentón*. [Tesis de pregrado, Universidad de Quintana Roo]. Repositorio Institucional UQROO. <http://hdl.handle.net/20.500.12249/1945>
- Damián. (2018). *Tratamiento de lixiviados en la etapa de compostaje mediante el proceso de coagulación con mucilago de Opuntia Ficus Indica*. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5610>
- FAO. (2001). Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Fao.org. <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s09.html>
- Hawksworth, D. L., & Rossman, A. Y. (1997). Where are all the undescribed fungi?. *Phytopathology*, 87(9), 888–891. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.9.888>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6a. ed.)*. México D.F.: McGraw-Hill. <http://www.digitalrepositorio.com/items/show/2>

- Herrera, & Ulloa. (1990). *El Reino de los Hongos, micología básica y aplicada*. UNAM-Fondo de Cultura Económica.
- Hyde, & Hawksworth. (1997). Measuring and monitoring the biodiversity of microfungi. *In Biodiversity of tropical microfungi*, p. 11-28.
- Kahl. (2019). *Plantas de reciclaje para NFU*. Altreifen.
- Kirk, Canon, Winter, & Stalpers. (2001). The magnitude of fungal diversity: 1.5 million species estimate revisited. *Ainsworth & Bisby's Hawksworth*, 1422-1432.
- Ledesma & Yauri (2018). *Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional UNH. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1800>
- Cañarte & Herrera (2015). *Estudio para determinar la factibilidad de la creación de una empresa recicladora y transformadora de caucho reciclado*. Guayaquil. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11125>
- Ley ambiental de protección a la tierra en el distrito federal. (2000). Org.mx. https://paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/2021/LEY_AMB_PROT_TIERRA_23_04_2021.pdf
- Liberato. (2020). *Microorganismos eficientes y su efecto en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el centro ecoturístico de protección ambiental "Santa Cruz" - CEPASC, Concepción, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad de Continental] Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8572>
- Linares. (2020). *Relación entre la gestión ambiental y el manejo de residuos sólidos hospitalarios en el hospital de contingencia Hermilio Valdizán Medrano de Huánuco, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad de

Huánuco.] Repositorio Institucional UDH.
<http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2482>

López & Pineda (2017). *Diseño de un proceso de producción basado en la trituración mecánica para el aprovechamiento de las llantas fuera de uso en Santiago de Cali*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana] Repositorio Institucional Javeriana.

Maldonado M., J. I., Rodríguez Chona, J. A., & Cajiao, A. M. (2017). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios en filtros anaerobios de flujo ascendente de dos fases (DI – FAFS). *Revista INGENIERÍA UC*, 24(1), 91-104. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70750544011>

Mayorca. (2017). *Reducción de la carga orgánica en lixiviado estabilizado del botadero municipal dde San Ramón mediante oxidación avanzada Foto-Fenton*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio Institucional UNAS.
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1392>

Mc Conn, M. y. (2004). Oxalate reduces calcium availability in the pads of prickly pear cactus through formation of calcium oxalate crystals. *Journal of Agricultural and food Chemistry*.

Mendez, Castillo, García, & Sauri. (2010). Tratamiento de lixiviado por oxidación Fenton. *Ingeniería e Investigación*, 30(1), 80-85. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092010000100014&lng=en&tlng=es.

Ministerio de Salud. (2010). Norma Técnica de Salud: “Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo a nivel Nacional”. Gob.pe.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/Residuos_EESSySM A.pdf

MINAM & SINIA. (Octubre de 2017). *Material Educativo: Gestión Responsable de Residuos Sólidos Municipales*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/gestion-responsable-residuos-solidos-municipales>

- MINAM. (2013). *VI Informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013*. Lima: Ministerio del Ambiente del Perú.
- MINAM. (2016). *Plan Nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016-2024*. Lima: Ministerio del Ambiente del Perú.
- MINAM. (2019). *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. Ministerio del Ambiente.
- Ministerio de Salud. (2006). *MANUAL DE DIFUSIÓN TÉCNICA N° 01. Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú*. Jica.
- Ministerio de Salud. (2010). *DIGESA*. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/manejo_residuos_solidos.asp#:~:text=Contactar%20y%20convocar%20a%20personal,a%20acumularse%20en%20zonas%20bajas.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos*.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos sólidos 2016 - 2024*.
- MINSA/DIGESA. (2012). *Norma Técnica de Salud: Gestión y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo*. Lima: Ministerio de Salud del Perú.
- Mondino. (2009). Preparación de medios de cultivo. *Métodos en Fitopatología*.
- Mora, E. (2013). *slideshare*.
- Morales. (2018). *Evaluación del impacto ambiental generado por el manejo de residuos peligrosos en los talleres de mecánica automotriz del distrito de Amarilis, Huánuco, octubre – diciembre 2017*. Universidad de Huánuco.

- Nejero. (2019). *Propuesta de una planta recicladora de neumáticos usados para minimizar la contaminación ambiental que se generan en la ciudad de Chiclayo, 2019*. Chiclayo. Obtenido de <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/309/1/TESIS%20NEJERO%20TUESTA.pdf>
- Nieto. (2015). *Salvado de trigo, mejor medio de cultivo para hongos comestibles*. Universidad de Antioquia.
- Nobel, P. J. (12 de Diciembre de 1992). *Mucilage in Cacti: Its Apoplastic Capacitance, Associated Solutes, and Influence on Tissue Water Relations*. *Journal of Experimental Botany*, 43(250), 641 - 648.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2012). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental .
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2018). *“Planes de recuperación y programas de reconversión de áreas degradadas por residuos sólidos, en el marco del Decreto Legislativo N° 1278 y su reglamento”*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental .
- Patiño & Rodríguez. (2017). Llantas usadas: materia prima para pavimentos y múltiples eco aplicaciones. *Ontare*, 1-5.
- Perez. (2015). *Evaluación de la remoción de contaminantes en lixiviado empleando tres especies de microalgas oleaginosas amazónicas*. Iquitos: Universidad Científica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Primo. (2008). *Mejoras en el tratamiento de lixiviado de vertedero de RSU mediante procesos de oxidación avanzada*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Ramírez, et al. (2018). *Plan de negocio para la implementación de una planta de reciclaje de llantas usadas mediante el proceso de Pirolisis*. Lima: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624919/Donoso_RJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20P

er%C3%BA%20se%20producen,170%20empresas%20recogiendo%202880%20toneladas.

Ravikumar, Kathiresan, Thadedus, Babu, & Shanthly. (2004). Nitrogen-fixing azotobacters from mangrove habitat AND their utility as marine biofertilizers. *J Exp Mar Biol Ecol*, 5-17.

Real Academia de la Lengua Española. (2012). *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española*.

Reyes, M. (2014). *Experiencias en el tratamiento de neumáticos fuera de uso en Iberoamérica*. Lima. Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/\\$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf)

Rodriguez - Felix y Cantwell, M. (1988). *Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos)*. *Plant Foods Hum Nutr.*, 38(1), 83 - 93.

Rojas. (2019). *La gestión municipal de Pillco Marca en el tratamiento de los residuos sólidos y su impacto en el medio ambiente – 2018*. Huánuco.

Salas. (2016). *Biorremediación de suelo y tratamiento de lixiviados con carbón activado de bambú del ex - basurero a cielo abierto El Zapote*. Tamaulipas: Instituto Politécnico Nacional.

salzar. (2019). *COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS*. chimbote. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31641/Salazar_SGK.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sancha, M. (2013). Caracterización físico - química y microbiológica de un proceso de tratamiento de lixiviados de vertederos. *[Tesis para la obtención de Master en Biotecnología]*. Universidad de Oviedo, España.

Sanchez, J. (2020). *Revista Ecología verde*.

Sanchez, J. (9 de Enero de 2020). *SAFETY*.

- Segovia & Paco. (2020). *Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica San Pablo]. Repositorio Institucional UCSP. https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16229/1/SEGO_VIA_CARHUAS_EST_NEU.pdf
- Schmit, & Müller. (2007). An estimate of the lower limit of global fungal diversity. *Biodiversity and Conservation*, 99-111.
- Seoánez. (2000). *“Residuos: problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción”*. Madrid: Ediciones Madrid-Prensa.
- Sistema Nacional de Información Ambiental . (2022). *SINIA*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/>
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2010). *Manual de residuos sólidos*. Biblioteca Nacional del Perú.
- Sudsuki, F. M. (1993). *El Cultivo de la Tuna (Cactus Pear)*. Chile.
- Sudzuki, F. (1999). *Anatomía y Morfología Agroecología, cultivo y usos del nopal*, 142, 29 - 36.
- Tito, J. (2019). Degradación de la carga orgánica de lixiviado maduro mediante proceso de oxidación avanzada h₂O₂/uv/tio₂ en reactor anular del relleno sanitario de la municipalidad provincial de concepción, Junín. [*Tesis para la obtencion de Ingeniero Ambiental*]. Universidad Agraria de la Selva, Huánuco. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1526>
- Trutmann, & Luque. (2012). *Los hongos olvidados del Perú*.
- Ulloa, & Hanlin. (2012). *Illustrated Dictionary of Mycology, Second Edition*. APS Press, 782 p.
- Uribarren, & Rosio. (2017). *Generalidades de Micología*.
- Verdejo et. al. (2006). Secretaría General Técnica 7. *El lirio de Agua Eichhornia crassipes. Plantas*. Obtenido de

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_FSV%2FFSV_2006_1_1_8.pdf

Vilar. (2015). *Evaluación del tratamiento integral del lixiviado de vertedero de residuos sólidos urbanos*. [Tesis de pregrado] Universidade da Coruña. España

Villegas y de Gante, M. (1997). Los nopales (*Opuntia* spp) recursos y símbolos tradicionales de México [congreso]. *VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Monterrey, México.

Zambrano, M. H. (1998). Características fisicoquímicas del nopal. *Temas en Tecnología*. 2, 29 - 42.


COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Echevarría Morales, L. (2024). *Comparación de la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) asistida con el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS


ANEXO 1

RESULTADOS DE LABORATORIO



LAB SOLUTION
LABORATORIO DE AGUAS Y SÓLIDOS ANÁLISIS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-156



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Aguas
Acreditado
Registro N° LE-156

INFORME DE ENSAYO

N° 230319

Datos del Cliente :

Nombre del cliente : ECHEVARRÍA MORALES, LUIS OLIVER
 Dirección del cliente : CA. MIGUEL GRAU PBLD. HUACAR
 Solicitado por : WAYLLA YUPI INVERSIONES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
 Proyecto : *COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE ADSORCION DEL SULFATO FERRICO Y LA PENCA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (EICHHORNIA CRASSIPES) PARA LA REMEDIACION DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023*
 Muestreo realizado por : EL CLIENTE
 Procedencia de la muestra : AMBO - HUANUCO
 Cantidad de muestras y presentación : 01 PUNTO DE MONITOREO

Datos del Laboratorio:

Referencia : COTIZACIÓN N°. CS.4-23-0172 / ORDEN DE SERVICIO N°. OS.4-23-0054
 Plan de muestreo : NO APLICA
 Producto : AGUA RESIDUAL
 Fecha de recepción de muestra(s) : 12/06/2023
 Fecha de Ejecución de Ensayo : 12/06/2023 AL 20/06/2023
 Fecha de emisión del Informe : 22/06/2023

I. RESULTADOS

Código de Laboratorio	230319-01
Código de Cliente	PM-A
Tipo de Producto	Agua Residual
Fecha de Muestreo	11/06/2023
Hora de Muestreo	09:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8884762 E: 367397

Lugar de Ensayo : Laboratorio

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Fisicoquímica			
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	2.0	8042
Sólidos totales suspendidos	mg/L	6	41


Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 (z)=Resolución cuantificable, "-"- = No Analizado.
 *<= Menor que el L.C.M. indicado, *> = Mayor al valor indicado.

Código de Laboratorio	230319-01
Código de Cliente	PM-A
Tipo de Producto	Agua Residual
Fecha de Muestreo	11/06/2023
Hora de Muestreo	09:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8884762 E: 367397

Lugar de Ensayo : Laboratorio

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Química Instrumental			
Demanda Química de oxígeno	mg/L	4.3	18212

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 (z)=Resolución cuantificable, "-"- = No Analizado.
 *<= Menor que el L.C.M. indicado, *> = Mayor al valor indicado.



FG-EM-03
F.E.: 14.04.21
F.R.: 01 / 10.05.22

Calle Agustín Gamarra 267 Urb. Miramar, San Miguel • (+51) 258 9189
www.labsolution.com.pe • email_info@labsolution.com.pe / comercial@labsolution.com.pe

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO N° 230319

II - MÉTODOS Y REFERENCIAS

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímica		
Demanda Bioquímica de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd.Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Sólidos totales suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd.Ed. 2017	Solids. Total, Suspended Solids Dried at 103-105° C.
Química Instrumental		
Demanda Química de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

III. OBSERVACIONES

La(s) muestra(s) recepcionadas se encuentran cumpliendo lo establecido en la tabla del PQ-OPE-03 Métodos, preservantes y tiempo de vida. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

L&L LAB SOLUTION S.A.C.
Kelly Maneses Roca
Kelly Maneses Roca
JEFE DE LABORATORIO



----- FIN DEL DOCUMENTO -----

Los resultados del presente informe de ensayo son válidos para las muestra referidas en el informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los métodos de ensayos presentados en el informe son acordes al alcance de los métodos correspondientes. El tiempo de custodia y perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Ante cualquier modificación o adición de muestras del método, se debe proceder con el procedimiento PQ-COM-01 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si L&L LAB SOLUTION S.A.C no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal cómo fueron recepcionadas. L&L LAB SOLUTION S.A.C. Deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de L&L LAB SOLUTION S.A.C.

2/2

INFORME DE ENSAYO N° 233121-M

Razón Social : ECHEVARRIA MORALES, LUIS OLIVER
 Domicilio Legal : Ca. Miguel Grau Pblo - Huancar
 Solicitado por : L & L LAB SOLUTION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
 Referencia : Colización N° 2024-23
 Proyecto : "COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA ADSORCIÓN DEL
 SULFATO FÉRRICO Y LA PENGA DE TUNA (OPUNTIA FICUS
 - INDICA) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA
 (EICHORNIA CRASSIPES) PARA LA REMEDIACIÓN DE
 LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023"
 Procedencia : AMBO - HUANUCO
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 1
 Condición de Conservación : 4,2 °C
 Producto : Agua Residual
 Fecha de Recepción : 13/06/2023
 Fecha de Ensayo : 13/06/2023 al 26/06/2023
 Fecha de Emisión : 26/06/2023

I. Resultados

Código de Laboratorio	233121-01		
Código del Cliente	PM-A		
Fecha de Muestreo	11/06/2023		
Hora de Muestreo (h)	09:00		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0367397 N:8864762		
Tipo de Producto	Agua Residual		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Biológico			
Fecal Coliform (44.5±0.2°C)	NMP/100mL	1,8	<1,80E+00

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, */* = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Biológico		
Fecal Coliform (44.5±0.2°C)	SMEWW 9221E/9221C 23rd Ed. 2017	Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

El resultado se aplica a la muestra como se recibió.
 El resultado se reporta como referencial, por no cumplir con el tiempo de perecibilidad establecido.

Firmado digitalmente por:
 DAVID VILLAR ARTEAGA
 CARGO: JEFE DE INFORMES
 CQP: 1187
 Fecha: 2023.07.25
 11:51:36 -05'00'

Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de validez de la muestra es de un mes, calculado desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de validez del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se elaboran solamente con los datos de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo consulte información al correo: info@envirotest.com.pe

"FIN DEL INFORME"

INFORME DE ENSAYO N° 230383

Datos del Cliente :

Nombre del cliente : ECHEVARRIA MORALES LUIS OLIVER
 Dirección del cliente : CA. MIGUEL GRAU P.BLO. HUACAR
 Solicitado por : WAYLLA YUPI INVERSIONES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
 Proyecto : *COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE ADSORCION DEL SULFATO FERROSO Y LA PENCA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (EICHHORNIA CRASSIPES) PARA LA REMEDIACION DE LIQUIDOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023*

Muestreo realizado por : EL CLIENTE
 Procedencia de la muestra : AMBO - HUÁNUCO
 Cantidad de muestras y presentación : 08 PUNTOS DE MONITOREO

Datos del Laboratorio:

Referencia : COTIZACION N°: CS.4-23-0194 / ORDEN DE SERVICIO N°: OS.4-23-0064
 Plan de muestreo : NO APLICA
 Producto : AGUA RESIDUAL
 Fecha de recepción de muestra(s) : 10/07/2023
 Fecha de Ejecución de Ensayo : 10/07/2023 AL 19/07/2023
 Fecha de emisión del Informe : 19/07/2023

L RESULTADOS

Código de Laboratorio	230383-01	230383-02	230383-03	230383-04
Código de Cliente	XR-01	XR-02	XR-03	XR-04
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo	09/07/2023	09/07/2023	09/07/2023	09/07/2023
Hora de Muestreo	14:00	14:02	14:04	14:06
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8876677 E: 364432	N: 8876677 E: 364432	N: 8876677 E: 364432	N: 8876677 E: 364432

Lugar de Ensayo : Laboratorio					
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Fisicoquímica					
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	2,0	2411	3402	2545
Sólidos totales suspendidos	mg/L	6	130	102	116

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 [U] = Resolución cuantificable, [---] = No Analizado.
 [***] = Menor que el L.C.M. indicado, [**] = Mayor al valor indicado.



Código de Laboratorio	230383-05	230383-06	230383-07	230383-08
Código de Cliente	YR-01	YR-02	YR-03	YR-04
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo	08/07/2023	08/07/2023	08/07/2023	08/07/2023
Hora de Muestreo	14:10	14:12	14:14	14:16
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8876677 E: 364432	N: 8876677 E: 364432	N: 8876677 E: 364432	N: 8876677 E: 364432

Lugar de Ensayo : Laboratorio					
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Fisicoquímica					
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	2,0	2013	2857	3196
Sólidos totales suspendidos	mg/L	6	119	124	91

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 [U] = Resolución cuantificable, [---] = No Analizado.
 [***] = Menor que el L.C.M. indicado, [**] = Mayor al valor indicado.

INFORME DE ENSAYO N° 230383

Código de Laboratorio	230383-01	230383-02	230383-03	230383-04
Código de Cliente	XR-01	XR-02	XR-03	XR-04
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo	08/07/2023	08/07/2023	08/07/2023	08/07/2023
Hora de Muestreo	14:00	14:02	14:04	14:06
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8576677 E: 364432	N: 8576677 E: 364432	N: 8576677 E: 364432	N: 8576677 E: 364432

Lugar de Ensayo : Laboratorio		Unidad		L.C.M.		Resultados	
Tipo Ensayo							
Química Instrumental							
Demanda Química de oxígeno		mg/L	4,3	4878	5829	5398	8300

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 (✓) = Resolución cuantificable, "N" = No Analizado.
 "<" = Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.

Código de Laboratorio	230383-05	230383-06	230383-07	230383-08
Código de Cliente	YR-01	YR-02	YR-03	YR-04
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo	08/07/2023	08/07/2023	08/07/2023	08/07/2023
Hora de Muestreo	14:10	14:12	14:14	14:16
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8576677 E: 364432	N: 8576677 E: 364432	N: 8576677 E: 364432	N: 8576677 E: 364432

Lugar de Ensayo : Laboratorio		Unidad		L.C.M.		Resultados	
Tipo Ensayo							
Química Instrumental							
Demanda Química de oxígeno		mg/L	4,3	5268	5724	6374	5919

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 (✓) = Resolución cuantificable, "N" = No Analizado.
 "<" = Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.



II - METODOS Y REFERENCIAS

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímica		
Demanda Bioquímica de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Sólidos totales suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017	Solids, Total, Suspended Solids Dried at 103-105° C.
Química Instrumental		
Demanda Química de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method

INFORME DE ENSAYO N° 230383

III. OBSERVACIONES

La(s) muestra(s) recuperadas se encuentran cumpliendo lo establecido en la tabla del PQ-OPE-03 Métodos, preservantes y tiempo de vida. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

L&L LAB SOLUTION S.A.C.


Kelly Arribas
JEFE DE LABORATORIO



FIN DEL DOCUMENTO

Los resultados del presente informe de ensayo son válidos para las muestras referidas en el informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los métodos de ensayos presentados en el informe son acordes al alcance de los métodos correspondientes. El tiempo de custodia y preservación de la muestra está en función de lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y tipo desde la fecha de muestra. Ante cualquier modificación o adición de muestras del método, se debe proceder con el procedimiento PQ-COM-01 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si L&L LAB SOLUTION S.A.C. no realizó la toma de muestra o el ensayo, los resultados se aplican a la muestra tal como fueron reportados. L&L LAB SOLUTION S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de L&L LAB SOLUTION S.A.C.

FORM-01
12, 14.01.21
1.0, 01 / 04.22

Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N° 233992-M

Razón Social : ECHEVARRIA MORALES, LUIS OLIVER
 Domicilio Legal : Ca. Miguel Grau Pblo - Huacar
 Solicitado por : L & L LAB SOLUTION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
 Referencia : Cotización N° 2446-23
 Proyecto : "COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA ADSORCIÓN DEL SULFATO FERRICO Y LA PENCA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (EICHHORNIA CRASSIPES) PARA LA REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023"
 Procedencia : AMBO - HUÁNUCO
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 8
 Condición de Conservación : 5,2 °C
 Producto : Agua Residual
 Fecha de Recepción : 11/07/2023
 Fecha de Ensayo : 11/07/2023 al 20/07/2023
 Fecha de Emisión : 26/07/2023

I. Resultados

Código de Laboratorio	233992-01	233992-02	233992-03
Código del Cliente	XR-01	XR-02	XR-03
Fecha de Muestras	06/07/2023	06/07/2023	06/07/2023
Hora de Muestreo (h)	14:00	14:02	14:04
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0364432 N:8876677	E:0364432 N:8876677	E:0364432 N:8876677
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Biológico			
Fecal Coliform (44.5a0.2°C)	NMPY100mL	1,8	<1,80E+00 <1,80E+00 <1,80E+00

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, * = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

Código de Laboratorio	233992-04	233992-05	233992-06
Código del Cliente	XR-04	XR-05	XR-06
Fecha de Muestras	06/07/2023	06/07/2023	06/07/2023
Hora de Muestreo (h)	14:06	14:12	14:12
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0364432 N:8876677	E:0364432 N:8876677	E:0364432 N:8876677
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Biológico			
Fecal Coliform (44.5a0.2°C)	NMPY100mL	1,8	<1,80E+00 <1,80E+00 <1,80E+00

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, * = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

INFORME DE ENSAYO N° 233992-I

Código de Laboratorio	233992-07		233992-08
Código del Cliente	YR-03		YR-04
Fecha de Muestra	08/07/2023		08/07/2023
Hora de Muestra (h)	14:14		14:16
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0364432 N 8876677		E 0364432 N 8876677
Tipo de Producto	Agua Residual		Agua Residual
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Biológico			
Fecal Coliform (44.5x0.2°C)	NMP/100mL	1.8	<1.80E+00 <1.80E+00

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; < = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Biológico		
Fecal Coliform (44.5x0.2°C)	SMEWW 9221E/9221C 23rd Ed. 2017	Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure

"SMEWW" - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

El parámetro Fecal Coliform se reporta como referencial, por no cumplir con el tiempo de preservación establecido.

Firmado
digitalmente por:
DAVID VILLAR
ARTEAGA
CARGO: JEFE DE
INFORMES
CQP: 1187
Fecha: 2023.08.14
16:33:16 -05'00'

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra recibida, según la etiqueta de control correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de validez de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso a la muestra al laboratorio. El tiempo de validez del informe de ensayo, salvo en digital como se indica en el título. El tiempo de preservación de la muestra está en función a lo establecido en los métodos normalizados de ensayo y tipo desde la toma de muestra. Está prohibida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los datos de ensayo. Para las condiciones de los ensayos consulte los métodos. Para cualquier consulta del presente informe de ensayo contactar al correo: info@envirotest.com.pe

"FIN DEL INFORME"

ANEXO 2

APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 982-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 03 de mayo de 2023

Visto, el Oficio N° 312-2023-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL SULFATO FÉRRICO Y LA PENCA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (*Eichhornia crassipes*) PARA LA REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023", presentado por el (la) Bach. Luis Oliver ECHEVARRIA MORALES.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1384-2022-D-FI-UDH, de fecha 19 de julio de 2022, perteneciente al Bach. Luis Oliver ECHEVARRIA MORALES se le designó como ASESOR(A) al Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 312-2023-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL SULFATO FÉRRICO Y LA PENCA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (*Eichhornia crassipes*) PARA LA REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023", presentado por el (la) Bach. Luis Oliver ECHEVARRIA MORALES, integrado por los siguientes docentes: Dr. Hector Raul Zacarias Ventura (Presidente), Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario) y Mg. Yasser Vasquez Baca (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL SULFATO FÉRRICO Y LA PENCA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (*Eichhornia crassipes*) PARA LA REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023", presentado por el (la) Bach. Luis Oliver ECHEVARRIA MORALES para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Dir. de Ingeniería - PAIA - Asesor - Exp. Graduando - Intermediado - Archivos.
BCR/ETML/mtc

ANEXO 3

DESIGNACIÓN DEL ASESOR DE LA TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 1384-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 19 de julio de 2022

Visto, el Oficio N° 555-2022-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 354692-0000002134, del Bach. **Luis Oliver ECHEVARRIA MORALES**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 354692-0000002134, presentado por el (la) Bach. **Luis Oliver ECHEVARRIA MORALES**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27º y 28º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Luis Oliver ECHEVARRIA MORALES**, al Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas, Docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA– Asesor – Mat. y Reg.Acad– Interesado – Archivo.
BCR/EJML/mt.

ANEXO 4

MATRIZ DE CONSISTENCIA

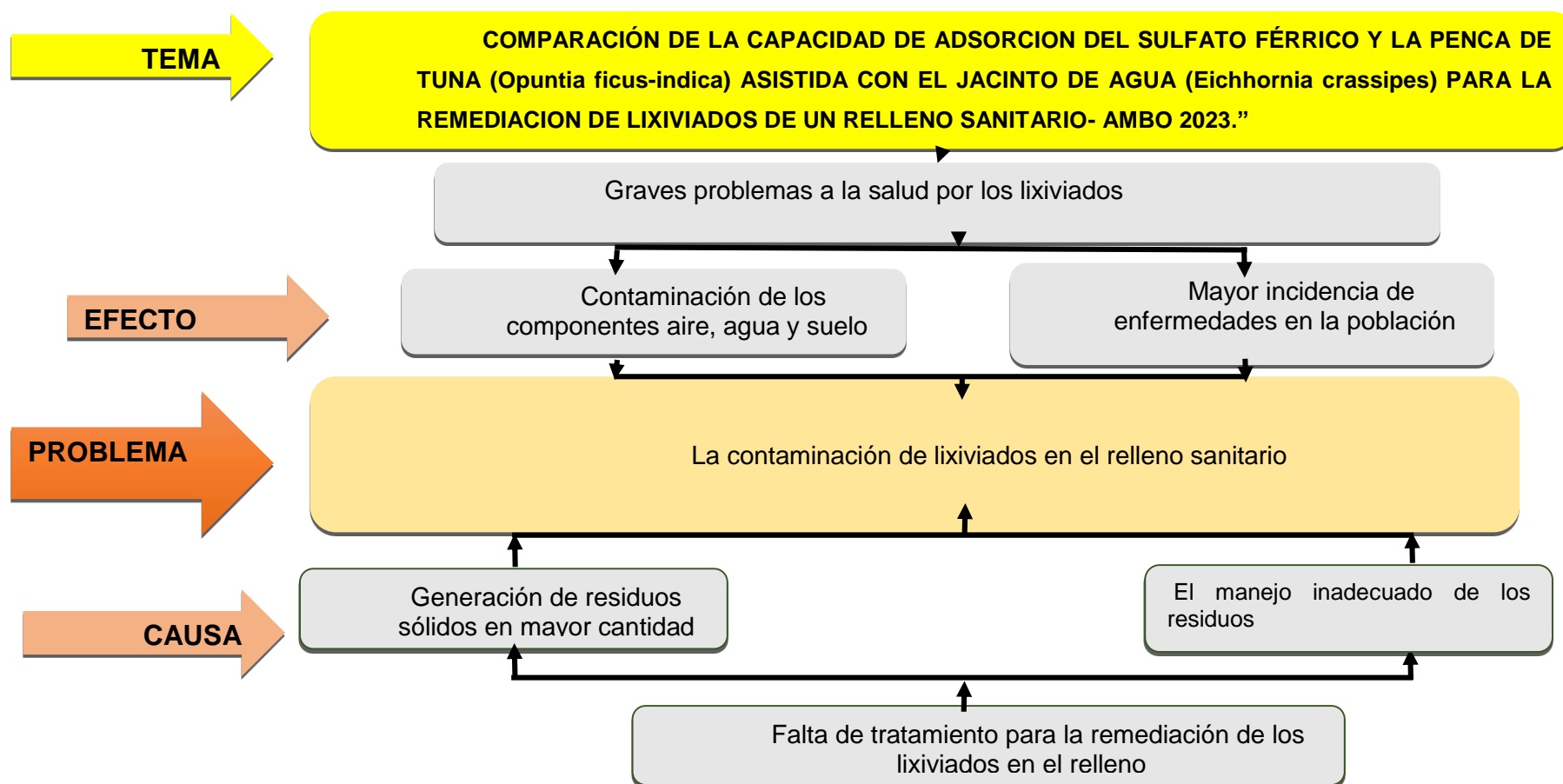
Título: COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL SULFATO FÉRRICO Y LA PENCA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) ASISTIDA CON EL JACINTO DE AGUA (*Eichhornia crassipes*) PARA LA REMEDIACIÓN DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO, AMBO, 2023”

<i>Problema general</i>	Objetivo general	Hipótesis	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) asistida con el Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de lixiviados, de un relleno sanitario, Ambo, 2023?	Comparar la capacidad de adsorción del sulfato férrico y la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) asistida con el jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario - Ambo, 2023.	Hi: La capacidad de adsorción del sulfato férrico es diferente a la capacidad de adsorción de la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) más el jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario Ambo, 2023.	<p>Variable independiente: La capacidad de adsorción del sulfato férrico y la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) asistida con el Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>).</p> <p>Variable dependiente: La remediación de los lixiviados Parámetros físicos</p>	<p>Tipo de investigación: Prospectivos, con intervención, analítico y longitudinal</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>nivel: Aplicada</p> <p>Diseño: Experimento verdadero</p> <p>Metodología:</p> <p>Población: Los lixiviados</p>

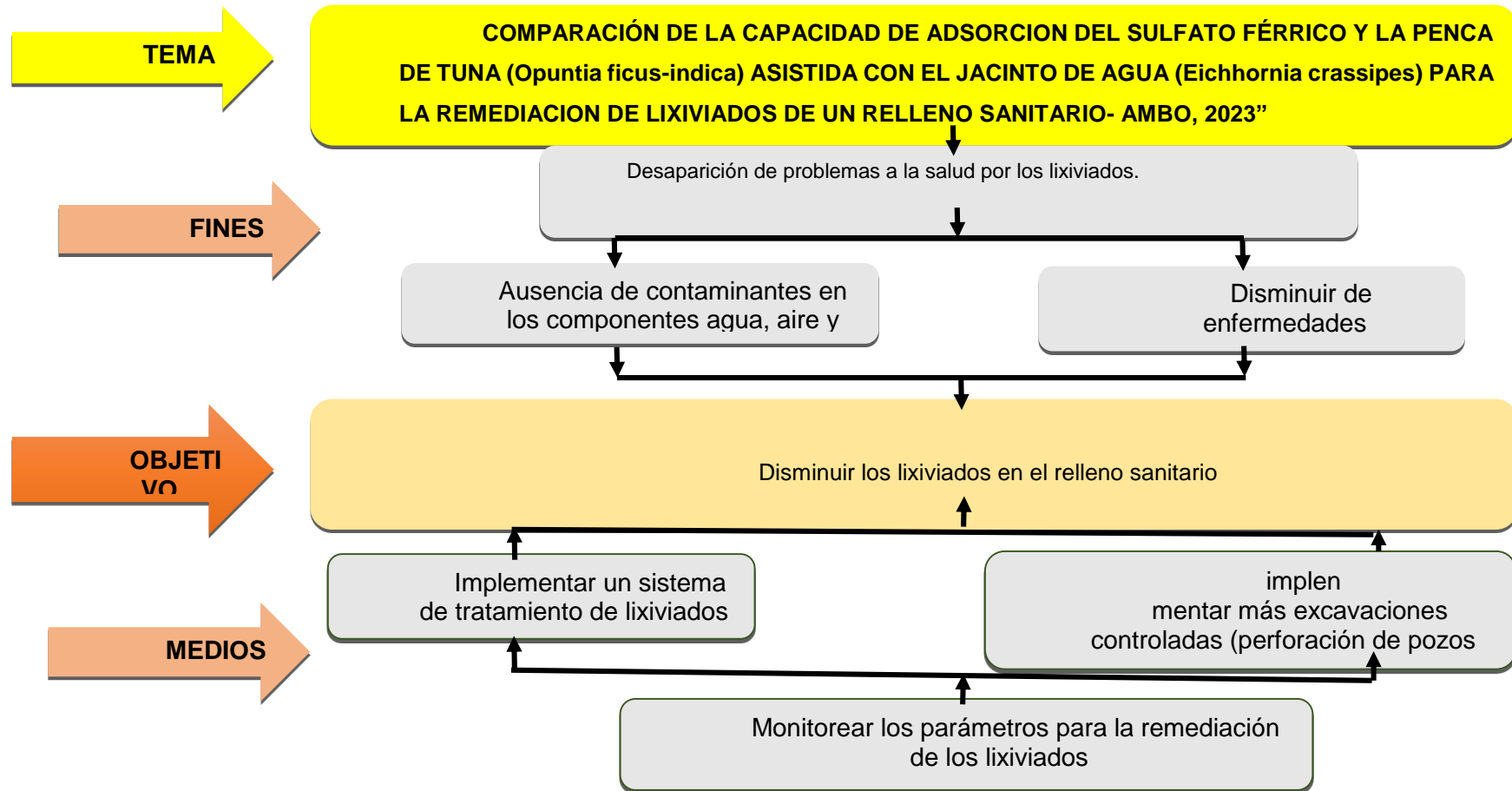
Problemas específicos	Objetivos específicos		
<p>¿Cuáles son los parámetros físicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca la Penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) asistida con el jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario, Ambo, 2023?</p>	<p>Describir los parámetros físicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) asistida con el jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de un relleno sanitario Ambo, 2023.</p>	<p>Ho: La capacidad de adsorción del sulfato férrico no es diferente a la capacidad de adsorción de la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) más el jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario Ambo, 2023.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conductividad ▪ Temperatura ▪ pH ▪ Coliformes fecales o termotolerantes <p>del relleno de Tarapata, generados por todo residuo de característica sólida de toda una semana procedentes de la provincia de Ambo.</p> <p>Parámetros químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Demanda bioquímica de oxígeno ▪ Sólidos totales en suspensión ▪ Demanda química de oxígeno <p>Muestra: se recolectará de un punto un promedio de 50 litros</p>
<p>¿Cuáles son los parámetros químicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) asistida con el Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de lixiviados, de un relleno sanitario, Ambo, 2023?</p>	<p>Describir los parámetros químicos de los lixiviados antes y después de la adsorción con la penca la penca de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) asistida con el jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) para la remediación de lixiviados de un relleno sanitario Ambo, 2023.</p>		

ANEXO 5

ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 6 ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 7 MAPA DE UBICACIÓN



ANEXO 8
PANEL FOTOGRÁFICO



Medición de parámetros in situ



Penca de tuna con Jacinto de agua



Lixiviado con sulfato férrico



Transporte de muestras al laboratorio



Toma de muestra de los lixiviados tratados



Tratamientos de los lixiviados



Población del lixiviado



Muestreo del lixiviado



Etiquetado de los grupos muestrales



Penca



Tratamiento del lixiviado con sulfato férrico