



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Manejo de Lixiviados y Emisiones Generadas en los Rellenos
Sanitarios a Nivel Nacional e Internacional: Revisión Sistemática.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Bonilla Lezcano, Darinka Yomira (ORCID: 0000-0001-9766-5401)

Chaca Ramos, Javier Helton (ORCID: 0000-0003-4494-5198)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres y hermanos, quienes son el motor que me impulsa a seguir adelante, también me brindaron su apoyo y mis logros les debo a ellos. Son mi fortaleza y motivación para seguir creciendo profesional y personal.

Darinka Yomira Bonilla Lezcano

El presente trabajo de investigación, va dedicado primero a mi Dios, por darme esa fortaleza para poder cumplir mis metas. Gracias, por su motivación constante por alcanzar mis metas.

Javier Helton Chaca Ramos

AGRADECIMIENTOS

A Dios por fuerza necesaria para afrontar dificultad que se presentaron para culminar con la tesis. A nuestro asesor Dr. Jave Nakayo Jorge Leonardo; por su apoyo y su tolerancia que fue el que nos guio con sus enseñanzas, y a nuestros familiares y amigos que estuvieron en el paso de la nuestra formación.

ÍNDICE DEL CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| CARÁTULA..... | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | v |
| ÍNDICE DE FIGURA..... | v |
| ÍNDICE DE GRAFICOS | v |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 2020 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 20 |
| 3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización | 21 |
| 3.3. Escenario de estudio | 22 |
| 3.4. Participantes | 22 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 22 |
| 3.6. Procedimiento | 23 |
| 3.7. Rigor científico | 25 |
| 3.8. Método de análisis de información..... | 26 |
| 3.9. Aspectos éticos..... | 26 |
| IV. RESULTADOS..... | 28 |
| V. CONCLUSIONES | 40 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 41 |
| REFERENCIAS | 42 |
| ANEXOS..... | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 1. Tipo de residuos dispuestos en rellenos sanitarios</i> | 6 |
| <i>Tabla 2. Compuestos principales de emisiones</i> | 8 |
| <i>Tabla 3. Compuestos principales de emisiones</i> | 13 |
| <i>Tabla 4. Estudios previos</i> | 16 |
| <i>Tabla 5. Composición fisicoquímico de lixiviados y emisiones</i> | 34 |
| <i>Tabla 6. Matriz de categorización apriorística</i> | 62 |
| <i>Tabla 7. Tratamiento de lixiviados y emisiones generadas en los rellenos sanitarios</i> | 64 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1. Construcción de un relleno sanitario</i> | 9 |
| <i>Figura 2. Vista en sección de un relleno sanitario</i> | 10 |
| <i>Figura 3. Principales contaminantes del suelo por agroquímicos</i> | 12 |
| <i>Figura 4. Procedimiento de obtención de información</i> | 25 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| <i>Gráfico 1. Tratamientos para lixiviados y emisiones de relleno sanitario en Perú</i> | 29 |
| <i>Gráfico 2. Tratamientos para lixiviados y emisiones de relleno sanitario nivel internacional</i> | 31 |
| <i>Gráfico 3. Porcentaje de remoción con el tratamiento biológico</i> | 71 |
| <i>Gráfico 4. Porcentaje de remoción con el tratamiento químico</i> | 71 |
| <i>Gráfico 5. Porcentaje de remoción con el tratamiento fisicoquímico</i> | 72 |

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|------------------|---|
| CH ₂ | : Metano |
| CO ₂ | : Dióxido de carbono |
| COV | : Compuestos orgánicos volátiles |
| GEI | : Gases de efecto invernadero |
| H ₂ S | : Sulfuro de hidrogeno |
| RAEE | : Residuos de aparatos electrónicos y eléctricos |
| RR. SS | : Residuos sólidos |
| RSU | : Residuos sólidos urbanos |
| RSM | : Residuos sólidos municipales |
| RS | : Relleno sanitario |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación plantea como objetivo determinar las características del manejo de lixiviados y emisiones generadas por los rellenos sanitarios en los países del mundo, a través de la aplicación de los diferentes tratamientos, para ello la revisión sistemática se desarrolló en base a 21 investigaciones publicadas en plataformas de scielo, science direct y scopus, la búsqueda de estudios se realizó a través del uso de palabras claves y siguiendo criterios inclusión y exclusión de artículos. De los estudios encontrados se determinó que la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios de Perú es el tratamiento biológico con 100% de eficiencia, mientras que los tratamientos físicos, químicos y fisicoquímicos obtuvieron el 0%. Por otro lado, a nivel internación la tecnología más eficaz fue el tratamiento biológico con eficiencia de 50%, seguido del químico (32%) y el tratamiento fisicoquímico (18%). Finalmente, las tecnologías aplicadas a lixiviados y emisiones en Perú comparadas con otros países, son aquellas donde no se realizan combinación de tratamientos, mientras que a nivel internacional las características de los tratamientos más empleados son mediante métodos químicos y fisicoquímicos siendo 17 de 21 estudios quienes lo respalda.

Palabras clave: Lixiviados, emisiones, biológicos, químicos, fisicoquímicos.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the characteristics of the management of leachate and emissions generated by landfills in the countries of the world, through the application of different treatments, for this purpose the systematic review was developed based on 21 research studies published in scielo, science direct and scopus platforms, the search for studies was carried out through the use of keywords and following inclusion and exclusion criteria of articles. From the studies found, it was determined that the most effective technology for the management of leachate and emissions generated in Peru's sanitary landfills is biological treatment with 100% efficiency, while physical, chemical and physicochemical treatments obtained 0%. On the other hand, at the international level, the most efficient technology was biological treatment with 50% efficiency, followed by chemical (32%) and physicochemical treatment (18%). Finally, the technologies applied to leachate and emissions in Peru, compared to other countries, are those in which no combination of treatments is used, while at the international level, the characteristics of the most commonly used treatments are chemical and physicochemical methods, with 17 out of 21 studies supporting this.

Key words: Agrochemicals, potato crop, agricultural soils.

I. INTRODUCCIÓN

Los rellenos sanitarios pueden diseñarse para ser un medio ambientalmente aceptable de eliminación de desechos, siempre que se utilicen correctamente, sin embargo, las nuevas regulaciones con respecto a los revestimientos de rellenos sanitarios, los sistemas de control de lixiviados, los sistemas de control de recolección de gas de rellenos sanitarios y los requisitos de cierre a largo plazo han aumentado drásticamente el costo del relleno sanitario (Rogoff J. y Screve F., 2011, p.3).

En Europa Occidental un número significativo de rellenos sanitarios se cerró entre 1995 y 2005; muchos de estos rellenos presentan un volumen de varios millones de metros cúbicos de residuos sólidos urbanos (RSU) depositados (ritzkowski M. y Stegmann R., 2018, p.2). En América Latina y el Caribe se han presentado problema por diversos factores, entre ellos, los altos volúmenes de residuos sólidos; generando la necesidad del aumento de rellenos sanitarios (Sáez A. y Urdaneta J., 2014, P.2). En Perú, los escasos rellenos sanitarios no presentan un sistema de impermeabilización del suelo por lo que estos conllevan a la contaminación de los cuerpos de agua y ponen en peligro a los pobladores aledaños; de igual manera los lixiviados no reciben un sistema de tratamiento adecuado por lo que generan contaminación en las aguas subterráneas, especialmente en las épocas de lluvia. (Valderrama et al., 2016, p.3).

El relleno sanitario lixivia los contaminantes que tienen un efecto adverso sobre el medio ambiente, ya que, es una combinación de cuatro contaminantes principales que incluyen materia orgánica disuelta, macro componentes inorgánicos, metales pesados y compuestos orgánicos xenobióticos (Agrawal et al., 2019, p.3). No obstante, los lixiviados de los rellenos sanitarios se forman a través de la descomposición de fracciones orgánicas y putrescibles del material del relleno sanitario transportado por el agua que se filtra a través del perfil del suelo; por lo general es normalmente un líquido altamente contaminante porque contiene altas concentraciones de

materia orgánica disuelta y en suspensión, productos químicos inorgánicos y metales pesados (Kim K. y Owens G., 2010, p.1). Por ello, el agua residual de los lixiviados de rellenos sanitarios es muy contaminada y presenta una variedad de componentes; que, debido al desarrollo de un relleno sanitario en tamaño y antigüedad, la cantidad y calidad del lixiviado cambia con el tiempo, lo que hace que sea diferente seleccionar valores de diseño adecuados para las plantas de tratamiento (Rainer S., 2018, p.2).

Los conceptos de plantas de tratamiento de lixiviados también pueden cambiar con el tiempo; como por ejemplo las plantas biológicas y fisicoquímicas (Youcai Z., 2018, p.1). Ya que el lixiviado de los rellenos sanitarios contiene una mezcla muy compleja de diferentes compuestos, como los orgánicos (medidos como DQO, DBO 5, y AOX), amonio y, en casos específicos, otros parámetros, por ello, a menudo es necesario combinar diferentes pasos de tratamiento (Stegmann et al., 2005, p.1). Al ser el lixiviado un efluente altamente tóxico con una composición que puede variar ampliamente, se estudian diversos tratamientos; uno de ellos es el tratamiento biológico con microalgas, el cual, representa una alternativa prometedora para la biorremediación (De souza et al., 2021, p.2).

Otro aspecto importante que considerar en los rellenos sanitarios es la producción de emisiones de biogás, generado debido a la descomposición y degradación en condiciones anaerobias de los residuos orgánicos, Armenta, M., Sierra, L. y Vélez, A. (2017), mencionan que dicho gas está conformado por cuatro principales elementos: compuestos orgánicos volátiles (COV), sulfuro de hidrogeno (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) (p.184). Cabe mencionar que la disposición de los residuos en un relleno sanitario contribuye positivamente para la adecuada gestión de estos, sin embargo, también se genera una problemática ya que incide en el aumento del calentamiento global, generación de impactos negativos en la salud y los ecosistemas naturales además de causar contaminación de los recursos.

Sobre la base de la realidad problemática presentada se planteó como problema general: ¿Cuáles son las características del manejo de lixiviados y emisiones generadas por los rellenos sanitarios en los países del mundo? Y como problemas específicos: ¿Cuál es la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios de Perú?, ¿Cuál es la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios a nivel internacional? y ¿Qué características presentan las tecnologías aplicadas al manejo de lixiviados y emisiones en Perú y otros países?

En base a lo planteado anteriormente se formula el objetivo general: Determinar las características del manejo de lixiviados y emisiones generadas por los rellenos sanitarios en los países del mundo y como objetivos específicos: Definir la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios de Perú mediante una revisión sistemática, definir la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios a nivel internacional y analizar las características de las tecnologías aplicadas al manejo de lixiviados y emisiones en Perú comparadas con otros países.

Actualmente la problemática expuesta por la generación de compuestos tóxicos en los rellenos sanitarios ocasiona una serie de alteraciones en los recursos naturales y en la salud pública, es por ello que el presente estudio se justifica teóricamente, ya que, busca recopilar información actualizada de diversos investigadores respecto al manejo de lixiviados y emisiones con el fin de dar a conocer el impacto que estos producen, en el aspecto metodológico se justifica debido a que tiene la finalidad de fomentar la búsqueda de lineamientos y estrategias de manejo ambiental ecoeficientes para el control de lixiviados, con miras al cuidado y protección del ambiente, desde un enfoque práctico, la revisión sistemática, se basa en la necesidad de contribuir al conocimiento del manejo de lixiviados y emisiones generados en los rellenos sanitarios permitiendo plantear mejores estrategias para su adecuado reciclaje o tratamiento, finalmente, desde la perspectiva social, se

realiza con el objetivo de concientizar e informar a la población sobre la peligrosidad de dichos componentes y su prioridad en el manejo y tratamiento.

II. MARCO TEÓRICO

La gestión de residuos sólidos en las ciudades urbanas es uno de los problemas más graves del mundo actual que afecta negativamente a la salud humana y al medio ambiente (Saluja et al., 2020, p.2). En países desarrollados como la India que cuentan con el 17,75% de la población mundial y el 2,4% de la superficie total, la rápida industrialización y urbanización ha provocado la migración de personas de los pueblos a las ciudades, lo que genera miles de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) cada día (India P., 2011, p.1). En Perú la gestión de residuos está en constante transición de un sistema mayoritariamente informal y subdesarrollado basado en el uso de basureros abiertos a un sistema deficiente basado en relleno sanitario (Ziegler et al., 2019, p.3).

Se presentan los desechos más comunes que son llevados a los rellenos sanitarios, estos se clasifican en domiciliarios cuya procedencia es de las actividades domésticas (alimentos, revistas, cuadernos, botellas, papel, latas cartón, plásticos, entre otros), así mismo los no domiciliarios cuya procedencia es de los comercios, tiendas, establecimientos públicos entre otros.

Tabla 1. Tipo de residuos dispuestos en rellenos sanitarios

| | | |
|--|----------------|---|
| Residuos domiciliarios y no domiciliarios | Metales | Latas de conservas, café, leche, gaseosa, cerveza, tapas de metal, envases de alimentos y bebidas, etc. |
| | Vidrio | Botellas de bebidas, gaseosas, licor, cerveza, vasos, envases de alimentos, perfumes, etc. |
| | Papel y cartón | Periódicos, revistas, folletos, catálogos, impresiones, fotocopias, papel, sobres, cajas de cartón, guías telefónicas, etc. |
| | lásticos | Envases de yogurt, leche, alimentos. etc. Vasos, platos y cubiertos descartables. |

| | | |
|--|-------------|--|
| | | Botellas de bebidas gaseosas, aceite comestible, detergente, shampoo. Empaques o bolsas de fruta, verdura y huevos, entre otros. |
| | Orgánicos | Restos de la preparación de alimentos, de comida, de jardinería o similares. |
| | Inorgánicos | Todo lo que no se puede reciclar y no sea catalogado como residuo peligroso: restos de la limpieza de la casa y del aseo personal, toallas higiénicas, pañales desechables, colillas de cigarros, trapos de limpieza, cuero, zapatos, entre otros. |

Fuente: Lazo, et al., 2020, p.438 - 439

Ahora bien, dentro de los contaminantes más perjudicados que se generan en los rellenos sanitarios se encuentran las emisiones de gases que representan una amenaza pública a la salud, seguridad, y la ambiente, dentro de dichos gases se encuentran los gases de efecto invernadero, Andari y Koven (2019), mencionan que tras la eliminación final de los residuos sólidos, su materia orgánica se degrada con el tiempo, en un proceso principalmente de biodegradación en condiciones aeróbicas o anaeróbicas. La serie de procesos producirá lo que se denomina biogás o gas del relleno sanitario, compuesto principalmente por CH_4 (~ 50%) y CO_2 (~ 50%), junto con cantidades menores de compuestos orgánicos no volátiles de metano (NMVOC), óxido nitroso (NO_2O), óxidos de nitrógeno (NO) y monóxido de carbono (CO), sin embargo, existe un amplio consenso en que en la estimación de las emisiones de GEI procedentes de los relleno sanitario de residuos finales sólo se contabiliza el CH_4 , ya que la generación de CO_2 está vinculada a fuentes biológicas, de ahí que sus emisiones se consideren neutras (p.2). Dichos compuestos se describen en la siguiente tabla.

Tabla 2. Compuestos principales de emisiones

| CONTAMINANTES | UNIDAD | RANGO DE PRODUCCIÓN |
|----------------------|-------------------|---------------------|
| Metano | %CH ₄ | 36 – 40 |
| Dióxido de carbono | %CO ₂ | 20 – 40 |
| Nitrógeno | % N ₂ | 5 - 40 |
| Hidrogeno | %H ₂ | 1 – 3 |
| Oxigeno | %O | 0 – 5 |
| Sulfuro de Hidrogeno | %H ₂ S | 0 – 0.01 |
| Sulfato | %S | 0 – 0.01 |

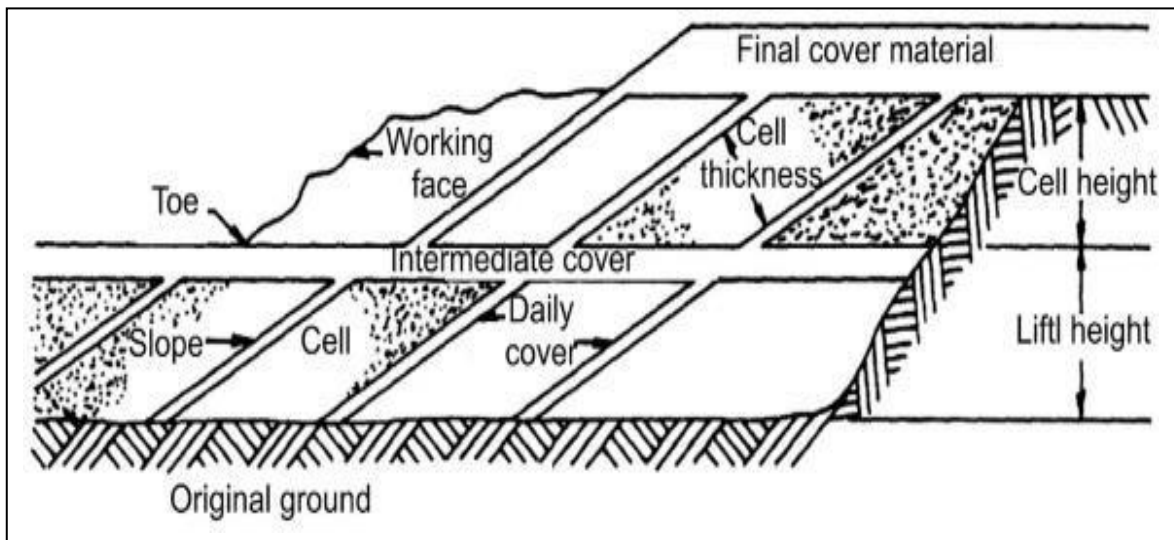
Fuente: Camargo y Vélez, 2009, p.3

Por ello, el relleno sanitario es un método para eliminar los desechos en la tierra sin perturbar el medio ambiente y la salud pública mediante el uso eficiente de las habilidades de ingeniería para confinarlos en los lugares más pequeños (Jeyasundar et al., 2020, p.3). La selección de un vertedero adecuado es una de las principales preocupaciones de los administradores de las ciudades y los municipios (Kebede et al., 2021, p.1).

Por tal, el método para el diseño de un relleno sanitario depende de las condiciones físicas involucradas y de la cantidad y tipo de residuos sólidos a manipular; los dos métodos básicos de relleno sanitario son zanja y área; otros enfoques son solo modificaciones (Krishna et al., 2017, p.1). Las zanjas para los rellenos sanitarios se hacen en suelo excavados y se forman revestimientos impermeables antes de enterrar los desechos para evitar que se escapen los materiales peligrosos, por ello, se encuentran ubicados en áreas donde las características predominantes de la tierra pueden actuar como amortiguadores naturales entre el medio ambiente y los rellenos sanitarios (Gunarathne et al., 2020, p.1).

El relleno completo consta de uno o varios niveles, donde, las dimensiones de las celdas vienen determinadas por el volumen de los residuos compactados, y éste, a su vez, depende de la densidad de los residuos sólidos in situ, como se muestra en la figura.

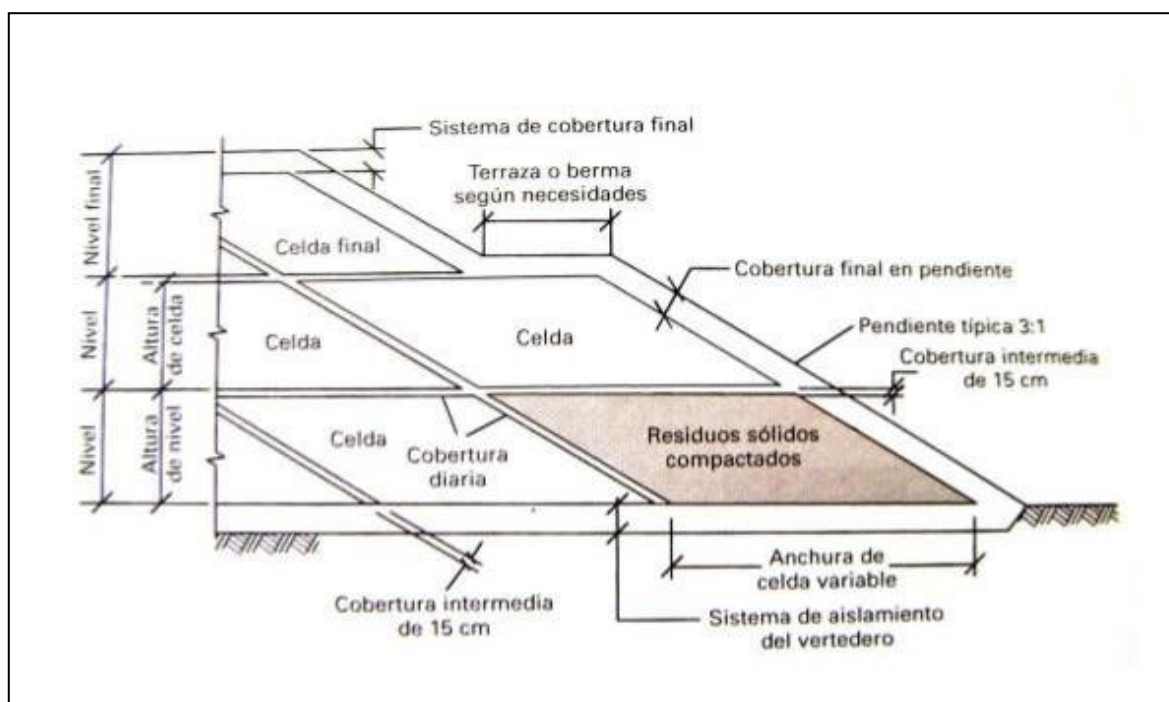
Figura 1. Construcción de un relleno sanitario



Fuente: Muralikrishna V. y Manickam V., (2017)

El diseño de un relleno consta de: recubrimientos, sistemas para la recogida y la extracción del lixiviado, sistemas de extracción y recogida del gas del relleno sanitario, y capas diarias y finales de cubierta (Tchobanoglus et al., 1996, p.4) como se muestra en la figura.

Figura 2. Vista en sección de un relleno sanitario



Fuente: Tchobanoglous et al., (1996)

El vertido en relleno sanitario es uno de los métodos más baratos de eliminación de residuos sólidos urbanos en todo el mundo, especialmente en los países en desarrollo (Cudjoe D. y Han M., 2021, p.1). Los relleno sanitario ofrecen una fuente infrautilizada de biogás, cuando los desechos municipales se entierran en un vertedero, las bacterias descomponen el material orgánico contenido en la basura, como periódicos, cartón y desechos de alimentos, produciendo gases como el dióxido de carbono y el metano; estos gases son capturados por las instalaciones de gas de relleno sanitario y son separados del metano y quemados para generar electricidad, calor o ambos, que a menudo se incluye en la definición general de biogás (Speoght J., 2018, p.2).

Aunque el gas de relleno sanitario es una fuente potencial de electricidad en áreas como África, donde hay poca accesibilidad a la electricidad; si el metano, dióxido de carbono y gases de efecto invernadero no se manejan adecuadamente, pueden causar el calentamiento global (Duan et al., 2021, p.2).

Herrera, J., Rojas, J. y Anchía, D. (2018), manifiestan que existen 5 fases que implican la descomposición de los residuos dentro de un relleno sanitario y dichos procesos se desarrollan en base a condiciones del medio, como a temperatura, presencia de oxígeno, precipitación, tipo de residuos, edad del relleno, entre otros (p.95)

En la Fase I: mediante un proceso aeróbico se inicia la biodegradación de los residuos, estos se descomponen en presencia de oxígeno dando formación al compuesto dióxido de carbono (CO_2), agua y materia en descomposición.

En la Fase II: también mediante un proceso aeróbico en combinación con condiciones anaeróbicas ocurre la fermentación, donde los organismos facultativos actúan para la producción de ácidos orgánicos, reduciendo el pH y provocando condiciones aptas para liberar los gases de metano en el agua y dando lugar a la generación de dióxido de carbono (CO_2).

En la fase III: en condiciones anaeróbicas, los organismos formados de metano actúan lenta y eficientemente para producir gas y a su vez reducen la generación de dióxido de carbono (CO_2).

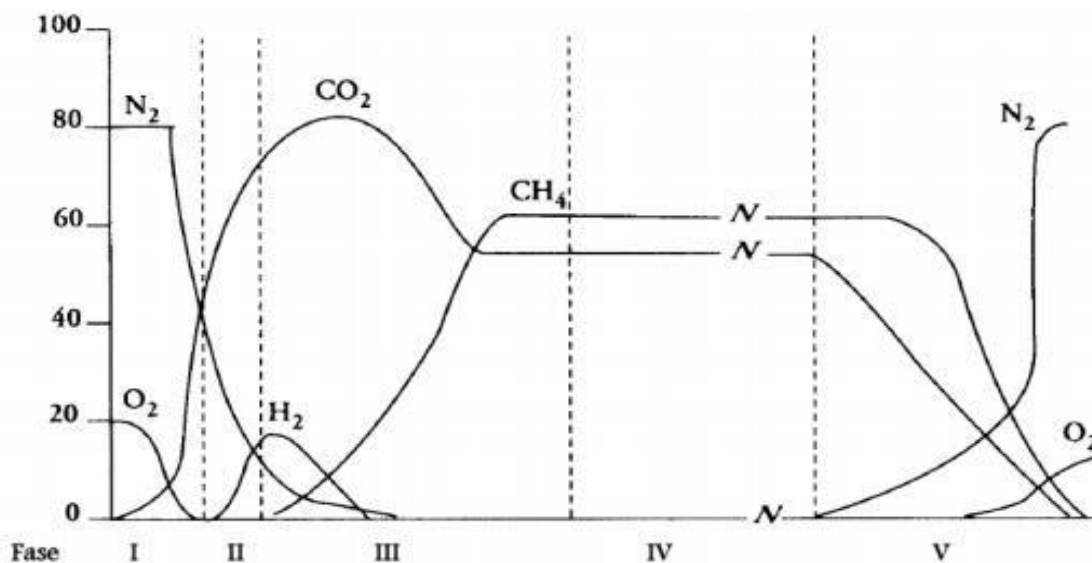
En la Fase VI: un proceso metano génico estable es donde se produce altas concentraciones de metano.

En la Fase V: se realiza un proceso de estabilización, es decir donde la producción de metano comienza a disminuir y se producen condiciones aeróbicas por presencia de aire atmosférico.

La producción de gas de relleno sanitario, generalmente comienza en el primer año después de la eliminación de desechos y dura varias décadas, por esta razón, el biogás debería recolectarse desde el inicio de la operación del relleno sanitario, pero también durante la fase de cuidados posteriores de un relleno sanitario, se debe practicar la extracción de gas hasta que ya

no sea factible utilizarlo o quemarlo (Rettenberger G., 2018, p.1). Las emisiones de gas de relleno sanitario (LFG) y lixiviados son los contribuyentes más importantes a los impactos ambientales (Tonini D. et al, 2018, p.1). Dentro de una celda de relleno sanitario se genera una cantidad de emisiones gaseosas tal como se observa en la siguiente figura.

Figura 3. Principales contaminantes del suelo por agroquímicos



Fuente: Camargo, Y. y Vélez, A. (2009)

Los lixiviados se forman en rellenos sanitarios, plantas de incineración, plantas de compostaje y estaciones de transferencia, con alta resistencia y toxicidad; y es un subproducto derivado de los residuos sólidos municipales por sus cambios físicos, químicos y biológicos (Youcai Z., 2018, p.4). Son el resultado de dos fenómenos principales que ocurren en un relleno sanitario: la infiltración de agua en la masa de desechos depositada y la transferencia de sustancias de los desechos al agua que se infiltra (Alibardi L. y Cossu R., 2018, p.3).

Los lixiviados generados a partir de este relleno sanitario abiertos se dirigen a cuerpos de agua superficiales sin tratamiento en la mayoría de los lugares (Jayawardhana et al., 20116, p.1).

Por ello, generalmente el tratamiento de lixiviados se puede clasificar en dos grupos principales: tratamientos convencionales y tratamientos nuevos (no convencionales); el tratamiento convencional comprende transferencia de lixiviados, reciclaje de lixiviados, tratamiento biológico (aeróbico o anaeróbico), tratamiento físico-químico que involucra flotación, coagulación-floculación, precipitación química, adsorción, oxidación química y desmoldeo; y para los tratamientos nuevos se aplican: filtración avanzada como ultrafiltración (UF) , microfiltración (MF), nanofiltración (NF) y RO es la parte más importante del proceso de membrana de los nuevos tratamientos (Chelliapan et al., 2020, p.2).

El tratamiento biológico aeróbico se utiliza principalmente para el tratamiento de lixiviados para reducir las sustancias orgánicas biodegradables y los componentes nitrogenados. Durante la fase acética, los ácidos grasos volátiles como el ácido acético, el ácido propiónico, el ácido butírico, etc., son los componentes principales que representan a menudo más del 70% de la DQO (Hans et al., 2018, p.1). Así también los tratamientos biológicos de remoción de nitrógeno se dividen en los siguientes procesos: proceso convencional de nitrificación-desnitrificación, proceso de nitrificación-desnitrificación, proceso de desnitrificación endógena y proceso de oxidación anaeróbica de amonio (Anammox) (Miao Lei et al., 2019, p.1).

El lixiviado de vertedero tratado biológicamente (BTLL) se caracteriza típicamente por una cantidad significativamente alta de nitrógeno total (TN) y demanda química de oxígeno (DQO), y tiene baja biodegradabilidad (Deng Yang et al., 2018, p.1).

En la tabla N°1 se describen los contaminantes existentes en los rellenos sanitarios, con sus respectivos parámetros.

Tabla 3. Compuestos principales de emisiones

| CONTAMINANTES | PARÁMETROS |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Materia orgánica | pH |
| | EC |
| | Demanda Química de Oxígeno (DQO) |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) |
| | Relación DBO/COD |
| Macro componentes inorgánicos | El Carbono Orgánico Total (COT) Sodio |
| | Potasio |
| | Calcio |
| | Magnesio |
| Oligoelementos inorgánicos | Hierro |
| | Cadmio |
| | Arsénico |
| | Cobre |
| | Mercurio |

Fuente: Adaptado de Jayawardhana Y. y Kumarathilaka P., (2016)

De igual manera la eliminación indiscriminada de desechos en el relleno sanitario y los efectos que trae las emisiones generadas que trae consigo efectos en el medio ambiente; como la contaminación por metales pesados en los suelos del relleno sanitario (Oziegbe et al., 2021, p.3). La contaminación de las aguas subterráneas a través de la fuga de lixiviados es uno de los peligros ambientales más comunes asociados con el relleno sanitario de rellenos sólidos urbanos (RSU) (Zeng et al., 2021, p.4). También, la mayoría de los desechos domésticos se vierten en pozos de basura para quemarlos al aire libre y en simples rellenos sanitarios, lo que

presenta riesgos potenciales para la salud humana y ambiental (Pingcuo et al., 2015, p.2).

De acuerdo con Jagaba et al., (2021, p.1) para la degradación de los lixiviados se aplican diversas técnicas, las cuales presentan diversos grados de eficiencia con pro y contras de su aplicación; por ello en la Tabla N°4 de antecedentes se detallan las diversas técnicas y su porcentaje de eficiencia en la disminución y/o eliminación de los contaminantes.

Tabla 4. Estudios previos

| TÉCNICA | SUSTANCIA ADICIONAL | PARÁMETRO A TRATAR | % DE REMOCIÓN | PAÍS | AUTOR |
|---|--|---|--|-------------|--|
| Membranas de ultrafiltración laminada (PAA / PAH-UF) | Ácido poliacrílico electrohilado (PAA) / clorhidrato de polialilamina (PAH) (UF) | Metales pesados seleccionados del lixiviado | 38-85% | - | Estefahani et al., 2021. |
| sistema ultravioleta / ultrasonidos / peroximonosulfato | - | DBO DQO5 | El valor de DQO se redujo de 2450 mg / L a 983 mg / L. | Irán | Moradian et al., 2020 |
| biodigestores a escala de laboratorio | - | pH, DQO y Conductividad en lixiviados | DQO por debajo de 2000 mg/L | Cuba | López-Vega M. y Santos-Herrero R., 2017. |

| TÉCNICA | SUSTANCIA ADICIONAL | PARÁMETRO A TRATAR | % DE REMOCIÓN | PAÍS | AUTOR |
|--|--|---|--|-----------|---------------------|
| Mezclas con potencial coagulante | Almidón de plátano, sulfato de aluminio y arcillas (LASA 55; LASA 73; LASAB 23530 y LASAR 23530) | Turbiedad, color, demanda química de oxígeno (DQO), pH, sólidos suspendidos totales (SST) y conductividad | La turbiedad se redujo a < 5UNT con 75mg·l ⁻¹ La mayor remoción de color se obtuvo con cloruro férrico, seguidas por LASA 55 y sulfato de aluminio, LASAB 23530 y LASA 73, siendo LASAR 23530 la menor. | Venezuela | Laines et al., 2008 |
| Precipitación química con cenizas de biomasa seguida de biorremediación a través de microalgas | Cenizas de fondo de biomasa | Eliminación de Efluentes DQO Color Turbidez | Eficiencias de eliminación del 74,3% para la demanda química de oxígeno.y 98,5% para el color 18 a 62% para DQO, 63 a 71%. | España | Viegas et al., 2021 |

| TÉCNICA | SUSTANCIA ADICIONAL | PARÁMETRO A TRATAR | % DE REMOCIÓN | PAÍS | AUTOR |
|--|--|-----------------------------------|---|-----------|-----------------------|
| Oxidación avanzada (AOP) y adsorción de biocarbón (BC) | <i>Sinapis alba</i> y <i>Lepidium sativum</i> | DQO TOC | Eficiencia de eliminación de DQO y TOC fue 17% y 12% mayor | Polonia | Kwarciak et al., 2021 |
| Coagulación-floculación Coagulación-adsorción sobre carbón activado | Polvo de corteza de palma (PBP) como bioadsorbente natural | Sustancias orgánicas, inorgánicas | DQO= 50% Turbidez= 89,9% Color= 80% La combinación del proceso de coagulación - adsorción en el bioadsorbente de PBP logró una eliminación del 59%, 99% y 99% de DQO, turbidez y color, respectivamente. | Marruecos | Chaouki et al., 2021 |

| TÉCNICA | SUSTANCIA ADICIONAL | PARÁMETRO A TRATAR | % DE REMOCIÓN | PAÍS | AUTOR |
|--|--|---|---|--------|----------------------|
| Tasa de absorción de oxígeno específica (SOUR) Reactores discontinuos de secuenciación a escala de laboratorio (SBR) | -- | Identificar cargas en las que se incrementó la actividad biológica y minimizar la inhibición de los procesos biológicos | La carga que maximizó la actividad microbiana fue específica del lixiviado y típicamente varió del 5% al 10%. | Italia | Danley et al., 2020 |
| Coagulación con cloruro férrico (FeCl ₃), (ii) oxidación biológica, y (iii) procesos de oxidación avanzada química y electroquímica (AOP / EAOP)), incluida la | Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) | sólidos en suspensión, turbidez, hierro y fósforo y eliminación de compuestos orgánicos | Viabilidad de aplicar un proceso foto-Fenton para la oxidación de orgánicos recalcitrantes | Brasil | Segundo et al., 2021 |

| TÉCNICA | SUSTANCIA ADICIONAL | PARÁMETRO A TRATAR | % DE REMOCIÓN | PAÍS | AUTOR |
|--|---------------------------------|--|--|--------|--------------------------|
| fotooxidación Fenton | | | | | |
| Coagulación- floculación | Metales y microcontaminantes | Nitrógeno total, fósforo total, carbono orgánico total y amoniaco | Eliminación respectiva de TP= 47%, TOC= 15% TN= 4%, NH ₃ -N aumentó en un 20% | Italia | Righetto et al., 2021 |
| Tratamiento biológico con microalgas | Scenedesmus sp. | Metales pesados | Eliminación de: Nitrógeno= 69%, Fósforo= 87% Eliminaron metales (Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Rb y Zn) = 80% | -- | De souza et al., 2021 |

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio, es de tipo investigación aplicada, o también denominada investigación científica aplicada, pragmática o utilitaria, puesto que se desarrolla bajo conocimientos previos, para dar soluciones a problemas inmediatos (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018, p.79), Del mismo modo, Hernández, Fernández, y Baptista (2014), manifiestan que la investigación aplicada se inclina a resolver problemas tomando en cuenta las características de evaluar, comparar, interpretar, establecer precedentes y determinar casualidades e implicancias de un determinado problema (p.42). Es por ello que la presente revisión sistémica, se denomina de tipo aplicada, dado que, se recopilaran los estudios realizados sobre el manejo de lixiviados y emisiones que se producen en los rellenos sanitarios de tal modo que se contribuya a dar conocimientos nuevos.

Por otro lado, tiene un enfoque cualitativo, la cual consiste en recopilar información estructurada, sistemática y no cuantificable, desarrolla bajo enfoques de observaciones de hechos y conductas las cuales son interpretadas posteriormente, es decir es un tipo de investigación que tiende a describir cualidades de los fenómenos o eventos de estudio, mediante el acceso de experiencias, documentos o evidencias en contexto natural, así mismo se determina que los estudios cualitativos son la primera etapa en un proceso de investigación (Alan y Cortez, 2018, p.33). De tal modo, que para la revisión sistemática se tomaron experiencias y estudios descriptivos que permitieron determinar y proporcionar información del manejo de los lixiviados y emisiones producidas en los rellenos sanitarios, así mismo las características y efectos de estos en el ambiente y la salud poblacional.

Para la presente revisión sistemática, se tuvo un diseño de investigación descriptivo, que consiste en la recolección de datos teniendo en cuenta las experiencias e historias de un determinado tema, de tal modo que se describan y analicen, así mismo implica un proceso de intervención de tal

modo que se aclaren ciertos puntos que no están claros (Bernardo, Carbajal y Contreras, 2019, p.27). Sin embargo, el estudio presento un diseño cualitativo descriptivo el cual significa que está enfocado en una temática, suceso o fenómeno específico (Salgado, 2007, p.73).

Por lo tanto, la revisión se centra en describir y recolectar información del manejo que se lleva a cabo para el control de los fenómenos (lixiviados y emisiones), producidos en un relleno sanitario.

3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

Como parte del proceso de desarrollo de la revisión sistemática, es la elaboración y definición de categorías y subcategorías, que permitirán sistematizar los resultados, para ello Cisterna (2005), indica que la elaboración y definición de tópicos es decir la recolección y organización de la información, se basa en las categorías que son aquellas que denotan un tópico en sí mismo, y subcategorías que detallan los tópicos en micro aspectos (p.64). No obstante, Herrera, Guevara y Munster (2015), refieren que la construcción de categorías y subcategorías, de los puntos más importantes, surge de la formulación de problemas y objetivos específicos de la investigación (p.125).

En tal sentido, para la presente investigación se determinó como categorías a: tratamiento de lixiviados, características de los lixiviados y toxicidad, mientras que como subcategorías: tratamientos químicos, físicos y biológicos, composición fisicoquímica de lixiviados, nivel de concentración y porcentaje de remoción y finalmente los rangos de toxicidad que van desde muy toxico, toxico, nocivo y cuidado, tal como se muestra en la tabla N° 6 de anexo “Matriz de categorización apriorística”.

3.3. Escenario de estudio

Dentro de una investigación, se denomina escenario de estudio al lugar, ambiente o contexto en el cual se llevaron a cabo los fenómenos de estudio, (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018, p.62). Del mismo modo, para Escudero y Cortez (2018), resulta ser uno de los componentes principales puesto que detalla los aspectos históricos, geográficos y temporales, permitiendo que los lectores se hagan una imagen del contexto natural del estudio (p.98). Es por lo cual, se considera como escenario de estudio a los rellenos sanitarios, de los cuales se realizará la observación de los componentes que estos producen y su impacto en el ambiente y la salud población.

3.4. Participantes

Como herramientas principales de la revisión sistemática se recopilación 100 investigaciones se consideraron de diversos idiomas; dichas fuentes fueron obtenidas de portales web, páginas institucionales donde se obtuvieron artículos científicos, revistas académicas, capítulos de libros y normas legales indizadas; de las cuales solo fueron incluidas al estudio 21 investigaciones.

Todas las fuentes desarrollan un único tema principal: manejo de lixiviados y emisiones generadas en los rellenos sanitarios. Para ello las investigaciones obtenidas fueron buscadas en las plataformas de: science direct, springer link, dialnet web of science, proQuest, research gate, Redalyc, scielo, Google scholar.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El análisis documental es un tipo de investigación con el propósito de especificar e interpretar investigaciones de manera consistente y sistemática. Incluye procedimientos de análisis y síntesis, teniendo en cuenta que al ingresar documentos y seleccionarlos, deben ser relevantes y con criterio establecidos, por se maneja un formato de especificaciones

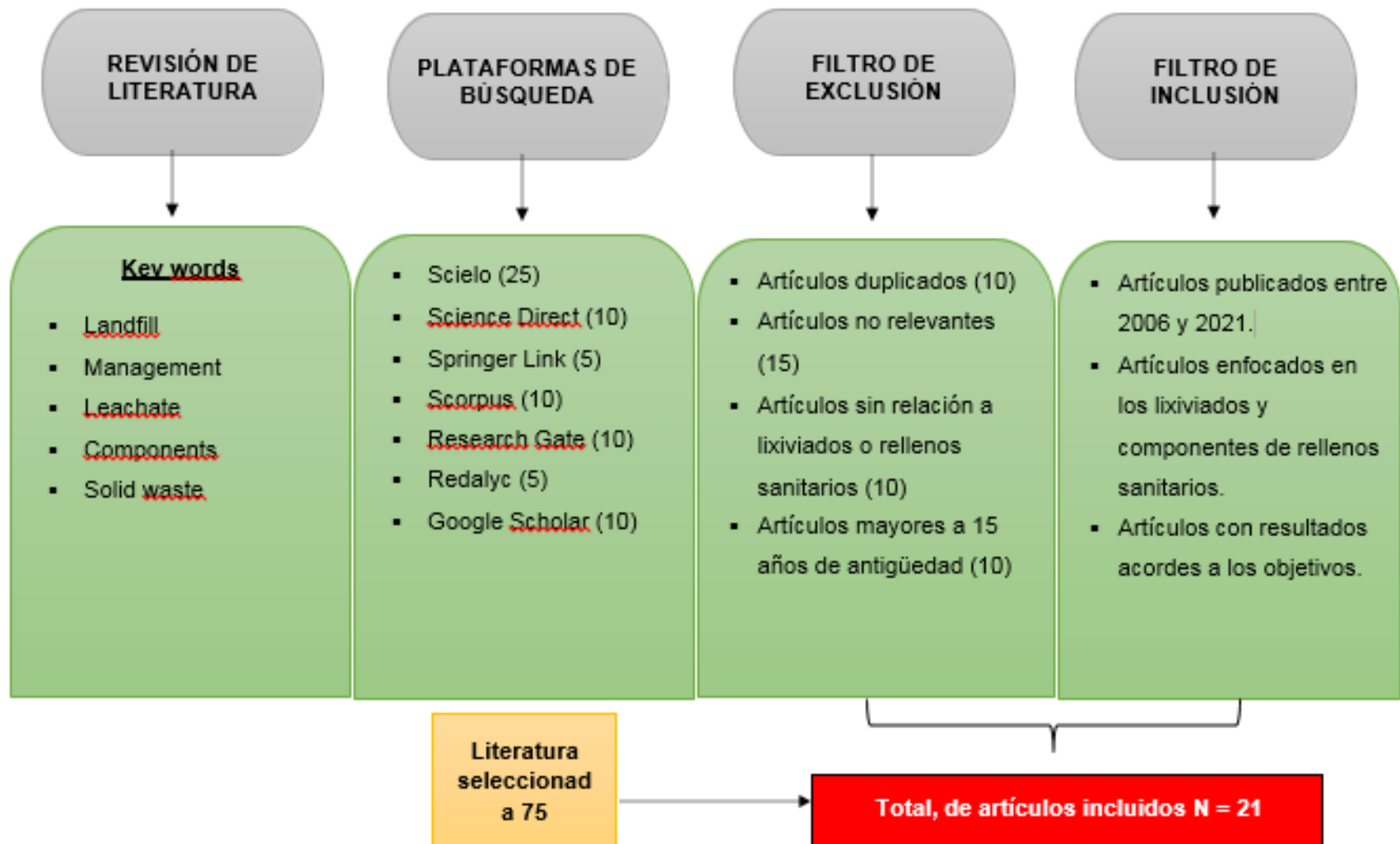
como datos de autor, título, bibliografía, etc., así mismo detallado o correlacionado con las palabras claves. Sánchez, Reyes y Mejía (2018), las técnicas de investigación son procedimientos utilizados para determinar características, criterios o información de un determinado tema, o también son consideradas como métodos tal como el que aplica en las investigaciones cualitativas que es la observación (p.120).

Para lo cual, el presente estudio, plantea como instrumento de recolección de datos a una “ficha de análisis de contenido” (anexo 2), donde se detalla la recopilación de datos provenientes de fuentes confiables como las revistas indizadas; en la cual se destacan principales y relevantes puntos que permitirán detallar la información más importante de cada estudio tal como: el número de páginas, año y lugar de publicación, tipo de investigación, autor, palabras claves, materia prima, tipo de metodología, problemas, objetivos, alcances, resultados, entre otros; de tal modo que en su conjunto brinde una data específica para dar solución al problema planteado. Para Cabezas, Andrade y Torres (2018), los instrumentos para la recolección de información están dada por un conjunto de parámetros individuales y básicos que permiten registrar ideas, sucesos y hechos que en su conjunto aportan una idea concreta y puntual de lo que se desea investigar, así mismo menciona que las revisiones sistemáticas no cuentan con instrumentos medibles sino con fichas (p.110-111).

3.6. Procedimiento

La presente revisión sistemática, fue realizada en base a estudios cualitativos para efectos del desarrollo de los objetivos planteados, para ello se realizó una serie de procedimientos en los cuales se inició con la identificación de palabras claves que permitan realizar una búsqueda de artículos precisos del tema, además se tuvo en cuenta la búsqueda en plataformas relevantes preferencia con idioma inglés, seguidamente se determinaron filtros de exclusión e inclusión de tal modo que se seleccionaron los artículos de mayor conveniencia. Tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Procedimiento de obtención de información



3.7. Rigor científico

Para Quiroz (2020), el rigor científico o metodológico aplicado a una investigación, se basa en la rigurosidad y disciplina de un determinado tema de investigación, además se involucra una serie de conocimientos e información, así mismo refiere que los criterios de rigurosidad científica, en una investigación cualitativa tienen como finalidad establecer lineamientos teóricos, metodológicos y procedimientos, que buscan dar respuestas ante el problema planteado (p.31). Del mismo modo, Salgado (2007), menciona que comúnmente se utilizan criterios para evaluar el rigor científico de un estudio cualitativo los cuales son: (p.74-75)

Dependencia o también denominada consistencia lógica, la cual refiere al grado en que diferentes investigadores que recolecten datos similares en el campo y efectúen los mismos análisis obtienen resultados iguales.

La credibilidad, se obtiene mediante las observaciones y conversaciones del investigador con los participantes de la investigación. Es decir que la recolección de información basada en testimonios reales permitirá obtener resultados verdaderos y de confianza.

La auditabilidad o también denominada conformabilidad, la cual consiste en la habilidad del investigador para encontrar pistas o evidencias de lo que otros investigadores han hecho, para ello cuentan con registros o documentación como evidencias, lo cual permitirá que futuros investigadores corroboren los hallazgos o estén en contra de ellos.

La transferencia o aplicabilidad, refiere al hecho de transferir o extender los resultados de un estudio hacía otro contexto o población similar, considerando el contexto donde se generaron los resultados. Este aspecto tiene la capacidad de comparar entre nuestro estudio y la de otros autores.

Ante lo descrito, el rigor científico aplicado para el estudio se centró en mantener una postura de credibilidad (valor de verdad) y confirmación (auditabilidad) a través de la selección de fuentes confiables avaladas por plataformas oficiales y en su contexto real sin que estos contengan opiniones propias o supuestos de autor. Del mismo modo, para definir el aspecto de dependencia o consistencia se utilizó las palabras claves de búsqueda. Finalmente, el factor transferencia, se aplicó mediante la búsqueda de métodos que conlleven al manejo adecuado de los lixiviados y emisiones generadas en los rellenos sanitarios.

3.8. Método de análisis de información

El análisis de datos se inicia mediante la selección de estudios que permitirán obtener la información, se revisaron los resúmenes y contenido necesario con el fin de determinar si el artículo tenía o no relación con el objetivo de estudio. El análisis de información obtenida se realizó mediante los criterios designados para cada categoría (punto 3.2), además mediante la recolección de información a través del procedimiento del punto 3.6.

3.9. Aspectos éticos

La presente investigación realizada con fines académicos, se desarrolló en base a fuentes de revistas indexadas como: Science direct, Scopus, Scielo y Dialnet; así mismo tuvo en cuenta como principales aspectos éticos: El respeto a la autoría de la información utilizada mediante la citación de los estudios con el estilos internacionales (ISO 690), así mismo en todo momento se mantuvo los principios de la bioética (beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia), no obstante, se mantuvo el cumplimiento del código de ética del área de investigación de la universidad Cesar Vallejo y de la escuela de ingeniería ambiental, en el cual se indica que para realizar una investigación esta se basa en una serie de normas que regulan las buenas prácticas y los principios éticos,

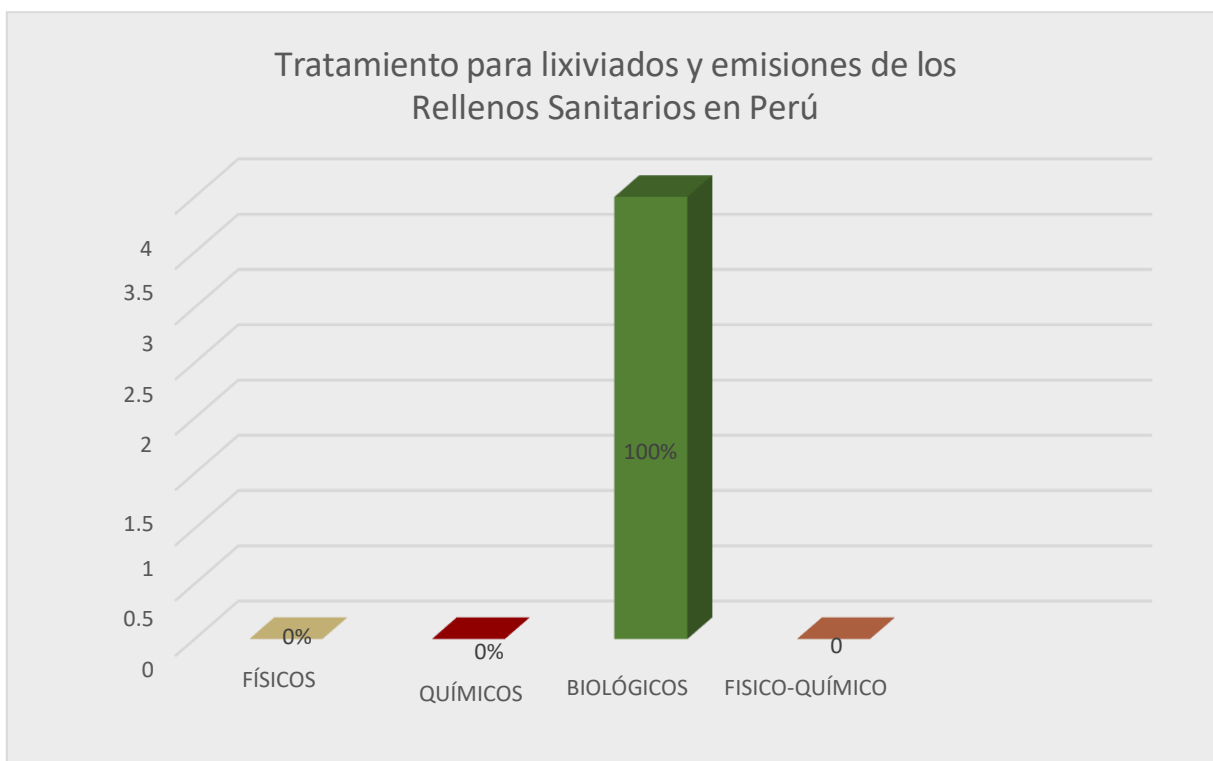
para de tal modo garantizar la responsabilidad y honestidad de los investigadores. Es por ello que, el autor está sometido a recibir las sanciones e infracciones descritas en la Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV, Artículo 22, si en caso se comprobara cualquier infracción y la cual estará sujeta a consideración del Tribunal de Honor de la Universidad.

IV. RESULTADOS

Después de realizar la revisión de 100 artículos con las palabras claves, se estudió 75 artículos sobre la importancia del manejo de lixiviados y emisiones generadas por los rellenos sanitarios, finalmente, la unidad de análisis quedó constituida por 21 investigaciones científicas, donde se obtuvo que los residuos sólidos representan un problema continuo debido a la falta de un manejo adecuado de estos, a pesar de ello se han implementado metodologías que permitan llevar una correcta disposición final de desechos, siendo uno de los más comunes los rellenos sanitarios donde se disponen los residuos puesto que presentan características que ya no permiten realizar otros usos (p.132).

Por otro lado, en la siguiente grafica se presenta los resultados que muestran los tratamientos realizados para emisiones y lixiviados en nuestro país.

Gráfico 1. Tratamientos para lixiviados y emisiones de relleno sanitario en Perú



Fuente: Elaboración propia, 2021

Se ha observado en el gráfico N°1 respecto al anexo N° 3 de anexos que sobre la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios de Perú, el tratamiento más empleado es el biológico; siendo empleado en un 100% por los investigadores, mientras los tratamientos físico, químicos y fisicoquímicos presentaron un 0%.

De acuerdo a la comparación de 21 investigadores, 4 de 17 estudiaron los vertederos en Perú; a nivel nacional no se presentaron tratamientos físicos, químicos ni fisicoquímicos para el manejo de lixiviados y emisiones generadas en los rellenos sanitarios.

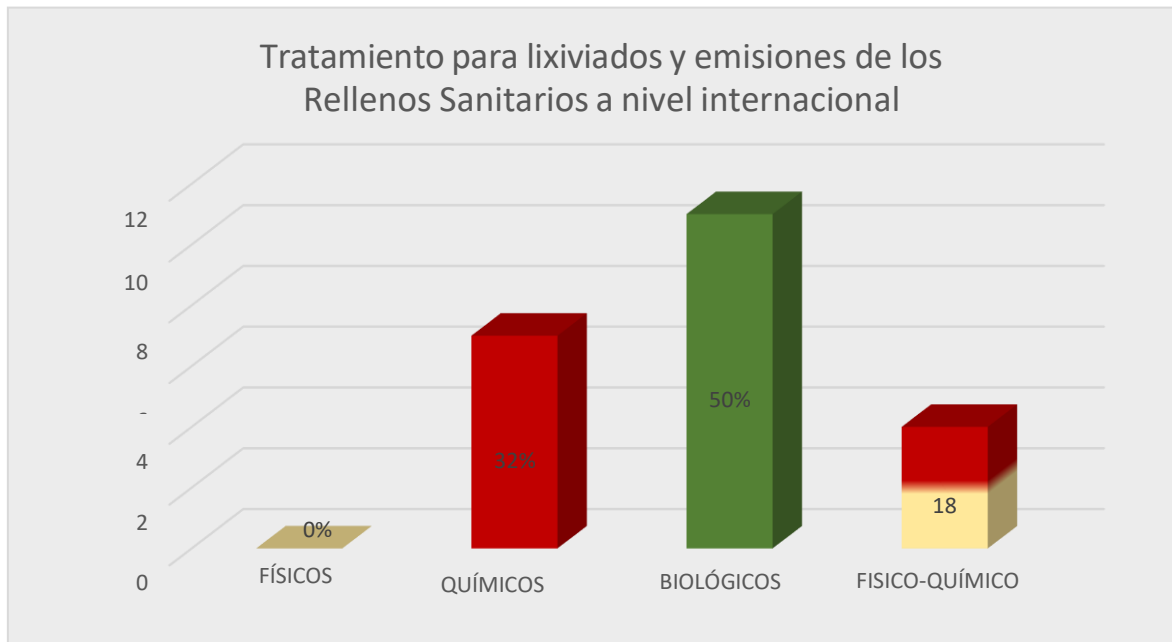
Los investigadores que respaldan los tratamientos biológicos en Perú son: Laines et al., 2008, Valderrama et al., 2016, Chimbolema J. et al., 2020 y Medina et al., 2018; mediante los procesos fenton. De acuerdo con Valderrama et al., (2016, p.2) el mejor tratamiento de lixiviados en vertederos de Perú son el proceso Fenton, siendo este la mejor alternativa viable, efectiva y a costos relativamente bajos que pueden ser utilizados como pre o post tratamiento biológico.

En el Anexo 3, el tratamiento biológico para Viegas et al., 2021 empleando biorremediación permite tener óptimos resultados para la eliminación de P y N, siendo esta afirmación apoyada por De souza et al., 2021, quien emplea también tratamiento biológico mediante biorremediación presentando porcentajes altos de remoción de N y P esto es apoyado por la investigación de Chimbolema et al., 2020, quien en su investigación presentó porcentajes altos de remoción empleando también tratamiento biológico. Así también Ni Huicheng et al., (2021, p.1) señala que el papel potencial de los microorganismos en el proceso de remediación podría ayudar a aliviar los problemas actuales del tratamiento complejo de aguas residuales que tiene bajas capacidades de desnitrificación como solución de bajo costo.

Por su parte; Song Jianyang et al., (2020, p.1) obtuvo en su estudio que el análisis de secuenciación de alto rendimiento indicó que las bacterias desnitrificantes con abundancias muy relativas del 46,45% al 53,81% desempeñaban un papel clave en la degradación orgánica y la eliminación de nitrógeno. Por su parte Deng Yang et al., (2019, p.1) afirma que el tratamiento de lixiviados de vertederos tratados biológicamente por su investigación eliminó simultáneamente la demanda química de oxígeno (DQO) y el nitrógeno total (TN) en un 94,6% y un 98,3%, respectivamente. Al igual El Gohary et al., (2016, p.1) respalda por resultados obtenidos en el gráfico 1; obteniendo una eliminación de amoníaco fue superior al 90% y una reducción de DQO y DBO alcanzaron el 64,4 y el 67,2%, respectivamente.

Respecto al segundo objetivo de definir la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios a nivel internacional, se realizó la comparación presentada en el gráfico 2.

Gráfico 2. Tratamientos para lixiviados y emisiones de relleno sanitario nivel internacional



Fuente: Elaboración propia, 2021

Se ha observado en el Gráfico N°2 respecto al Anexo N°3 sobre la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios a nivel mundial, el tratamiento más empleado es el biológico; siendo empleado en un 50% de los investigadores, seguido por el tratamiento químico en un 32% y la combinación de ambos en un 18%.

De acuerdo con la comparación de 21 investigaciones a nivel internacional no se presentaron tratamientos físicos para el manejo de lixiviados y emisiones generadas en los rellenos sanitarios.

Los investigadores que respaldan el tratamiento biológico a nivel internacional en un 50% son: Moradian et al., 2020, López-Vega M. y Santos- Herrero R., 2017, Viegas et al., 2021, Danley et al., 2020, Segundo et al., 2021, De souza et al., 2021, Droppelmann C. y Oettinger M., 2009, Castrillón et al., 2010, Zhu et al., 2021.

El segundo tratamiento más empleado es el tipo químico, siendo aplicado por: Kwarciak et al., 2021, Chaouki et al., 2021, Segundo et al., 2021, Righetto et al., 2021, Maldonado et al., 2017, Donneys et al., 2018, Garaj et al., 2013.

Por otro lado, existen investigadores que emplean la combinación de los tratamientos físico y químicos como: Laines et al., 2008, Viegas et al., 2021, Chaouki et al., 2021, Méndez et al., 2009, Maldonado et al., 2017, Castrillón et al., 2010.

De acuerdo con Chaouki et al., 2021, el tratamiento fisicoquímico mediante coagulación-floculación es el mejor para presentar buenos resultados de eliminación de contaminantes lixiviados. Siendo esta afirmación apoyada por el investigador Liu et al., (2015, p.2) ya que afirma que, aunque existen varios métodos de tratamiento de lixiviados, la coagulación-floculación se ha utilizado

ampliamente como pretratamiento o postratamiento de los lixiviados de relleno sanitario debido a su simplicidad y rentabilidad.

Por su parte el investigador Méndez et al., 2009, refutada lo anteriormente dicho, ya que, señala que el proceso fisicoquímico mediante la coagulación floculación presenta bajos porcentajes de remoción de lixiviados. Esta afirmación es corroborada por el estudio de Méndez et al., (2009, p.4) quien señala que los métodos de coagulación–floculación y flotación presentan bajos resultados exitosos de su aplicación debido a que los lixiviados de rellenos sanitarios presentan pocas cantidades de sólidos suspendidos; es por ello que este tipo de tratamiento no es considerado como eficiente para la remoción de lixiviados de los rellenos sanitarios.

En el anexo 3, el tipo de tratamiento fisicoquímico mediante reactivo fenton para Méndez et al., 2009 presentan porcentajes altos de remoción de DQO en comparación con Coagulación–Floculación o Flotación, siendo esta afirmación apoyada por la investigación de Chaouki et al., 2021, quien empleo también el tratamiento fisicoquímico mediante Coagulación – Floculación y presento porcentajes bajos de reducción de la DQO.

De acuerdo al anexo 4 respecto al anexo 2, se tiene en la eficiencia de los tratamientos presentados en los porcentajes de remoción que los investigadores obtuvieron, donde los porcentajes de remoción más altos se encuentran en los tratamientos biológicos, con intermedios de porcentaje de 60 a 100%; mientras que los rangos de porcentaje para los tratamientos fisicoquímicos son de 40 a 80% respecto al anexo 6, y entre los porcentajes de remoción más bajos se tiene a los tratamientos químicos, en rangos de 0 a 20% (ver anexo 5).

Los porcentajes más altos para los tratamientos biológicos son de: 69%, 85%, 87%, 80%, 99%, 98%, 97%, 62%, 85.02%, 76%, 99% y 96.83%. Siendo

respaldado por: Zhu et al., 2021, Castrillón et al., 2010, Droppelmann C. y Oettinger M., 2009, De souza et al., 2021, Segundo et al., 2021, Danley et al., 2020, Viegas et al., 2021, Laines et al., 2008, López-Vega M. y Santos- Herrero R., 2017 y Estefahani et al., 2021.

En segundo lugar, los promedios más altos en los tratamientos fisicoquímicos se dan de acuerdo con: Castrillón et al., 2010, Méndez et al., 2009, Viegas et al., 2021, Laines et al., 2008; con porcentajes de remoción de: 59%, 80%, 90%, 99%, 78%, 87%, 72.86% y 88%.

Para al promedio de porcentajes más altos de los tratamientos químicos se tiene a: Righetto et al., 2021, Segundo et al., 2021, Chaouki et al., 2021, Kwarciak et al., 2021; con niveles de: 96%, 85%, 76%.

De acuerdo con el tercer objetivo respecto analizar las caracterizas de las tecnologías aplicadas al manejo de lixiviados y emisiones en Perú comparadas con otros países, se tuvo como característica de lixiviados a las subcategorías composición fisicoquímica, nivel de concentración y porcentaje de remoción; presentando el Gráfico 2 y los anexos 3, 4, 5 y 6.

Tabla 5. Composición fisicoquímica de lixiviados y emisiones

| N° | PARÁMETROS | UNIDADES DE MEDICIÓN | AUTORES | PAISES | TIPO DE TRATAMIENTO |
|----|---|----------------------|--------------------------|--------------|---------------------|
| 1 | Metales pesados (Cu, Cd, Pb, As y Ca, Rb, Zn) | mg/l | Estefahani et al., 2021. | Países Bajos | Biológico |
| | | | Moradian et al., 2020 | Irán | Biológico |
| | | | De souza et al., 2021 | Japón | Biológico |
| | | | Valderrama et al., 2016 | Perú | Biológico |
| | | | Medina et al., 2018 | Perú | Biológico |
| 2 | DQO | mg O2/L | Moradian et al., 2020 | Irán | Biológico |

| N° | PARÁMETROS | UNIDADES DE MEDICIÓN | AUTORES | PAISES | TIPO DE TRATAMIENTO |
|----|------------|----------------------|---|--------------|-------------------------|
| | | | López-Vega M. y Santos-Herrero R., 2017 | Cuba | Biológico |
| | | | Laines et al., 2008 | Perú | Biológico |
| | | | Chaouki et al., 2021 | Marruecos | Fisicoquímico |
| | | | Maldonado et al., 2017 | Colombia | Fisicoquímico |
| | | | Donneys et al., 2018 | Colombia | Químico |
| | | | Castrillón et al., 2010 | España | Fisicoquímico-Biológico |
| | | | Zhu et al., 2021 | | Biológico |
| | | | Valderrama et al., 2016 | Perú | Biológico |
| | | | Chimbolema et al., 2020 | Perú | Biológico |
| | | | Medina et al., 2018 | Perú | Biológico |
| 3 | DBO | mg O2/L | Droppelmann C. y Oettinger M., 2009 | Chile | Biológico |
| | | | Valderrama et al., 2016 | Perú | Biológico |
| | | | Chimbolema et al., 2020 | Perú | Biológico |
| | | | Medina et al., 2018 | Perú | Biológico |
| 4 | pH | mg/l | López-Vega M. y Santos-Herrero R., 2017 | Cuba | Biológico |
| | | | Laines et al., 2008 | Perú | Biológico |
| | | | Valderrama et al., 2016 | Perú | Biológico |
| | | | Chimbolema et al., 2020 | Perú | Biológico |
| | | | Medina et al., 2018 | Perú | Biológico |
| 5 | Turbiedad | unid. | Laines et al., 2008 | Perú | Biológico |
| | | | Viegas et al., 2021 | Países Bajos | Biológico Fisicoquímico |
| | | | Chaouki et al., 2021 | Marruecos | Fisicoquímico |
| | | | Segundo et al., 2021 | Países Bajos | Biológico-Químico |

| N° | PARÁMETROS | UNIDADES DE MEDICIÓN | AUTORES | PAISES | TIPO DE TRATAMIENTO |
|----|---------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|-----------------------------|
| | | | Donneys et al., 2018 | Colombia | Químico |
| | | | Valderrama et al., 2016 | Perú | Biológico |
| | | | Chimbolema et al., 2020 | Perú | Biológico |
| | | | Medina et al., 2018 | Perú | Biológico |
| 6 | Color | mg/l | Laines et al., 2008 | Perú | Biológico |
| | | | Viegas et al., 2021 | Países Bajos | Biológico Fisicoquímico |
| | | | Chaouki et al., 2021 | Marruecos | Fisicoquímico |
| | | | Segundo et al., 2021 | Países Bajos | Biológico- Químico |
| | | | Chimbolema et al., 2020 | Perú | Biológico |
| | | | Donneys et al., 2018 | Colombia | Químico |
| 7 | Conductividad | mS /cm | Laines et al., 2008 | Perú | biológico |
| | | | Donneys et al., 2018 | Colombia | Químico |
| | | | Valderrama et al., 2016 | Perú | Biológico |
| | | | Chimbolema et al., 2020 | Perú | biológico |
| | | | Medina et al., 2018 | Perú | biológico |
| 8 | Carbono orgánico disuelto (COD) | mg/l | Kwarciak et al., 2021 | España | Químico |
| | | | Castrillón et al., 2010 | España | Fisicoquímico- biológico |
| 9 | Carbón orgánico total (COT) | mg/l | Kwarciak et al., 2021 | España | Químico |
| | | | Righetto et al., 2021 | Países Bajos | Químico |
| | | | Méndez et al., 2009 | México | Fisicoquímico |
| | | | Castrillón et al., 2010 | España | Fisicoquímico- biológico |
| 10 | Sólidos suspendido | mg/l | Laines et al., 2008 | Perú | biológico |
| | | | Chaouki et al., 2021 | Marruecos | Fisicoquímico |

| N° | PARÁMETROS | UNIDADES DE MEDICIÓN | AUTORES | PAISES | TIPO DE TRATAMIENTO |
|----|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------|---------------------|
| | s totales (SST) | | Méndez et al., 2009 | México | Fisicoquímico |
| 11 | Sólidos Totales (ST) | mg/l | Valderrama et al., 2016 | Perú | biológico |
| | | | Chimbolema et al., 2020 | Perú | biológico |
| | | | Medina et al., 2018 | Perú | biológico |
| 12 | Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) | mg/l | | | |
| 13 | Fe | mg/l | Segundo et al., 2021 | Países Bajos | Biológico-Químico |
| 14 | P | mg/l | Segundo et al., 2021 | Países Bajos | Biológico-Químico |
| | | | Righetto et al., 2021 | Países Bajos | Químico |
| | | | De souza et al., 2021 | Japón | Biológico |
| | | | Zhu et al., 2021 | | biológico |
| 15 | Fenoles | mg/l | | | |
| 16 | Compuestos nitrogenados | mg/l | Segundo et al., 2021 | Países Bajos | Biológico-Químico |
| 17 | Nitrógeno total | mg/l | Righetto et al., 2021 | Países Bajos | Químico |
| | | | De souza et al., 2021 | Japón | Biológico |
| | | | Zhu et al., 2021 | | biológico |
| 18 | Nitrógeno amoniacal | mg/l | Droppelmann C. y Oettinger M., 2009 | Chile | biológico |
| | | | Zhu et al., 2021 | | biológico |

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con la comparación de investigaciones a nivel mundial se obtuvo que 4 de 21 son empleadas en el Perú mediante el tratamiento fenton, siendo este un proceso biológico, mientras que a nivel internacional las características de los tratamientos más empleados son mediante métodos químicos y fisicoquímicos siendo 17 de 21 respecto a la tabla 7 de anexos.

De acuerdo con el anexo 4 respecto al anexo 3, se tiene que los parámetros de los lixiviados y emisiones de relleno sanitario a nivel de Perú e internacional, más estudiados por los investigadores son 18 parámetros: los metales pesados (CU, CD, PB, AS Y CA, RB, ZN), al igual que el DQO, DBO, turbiedad, compuestos inorgánicos, entre otros parámetros señalados en el gráfico 3.

De acuerdo con Donneys et al., (2018, p.6) en el anexo 3 una de las características de las tecnologías electrodisolución de hierro, oxidación de hierro por H_2O_2 y floculación química, es la aplicación del aditivo siendo el peróxido de hidrógeno aplicado para la oxidación de Fe^{2+} a Fe^{3+} , mientras que $Ca(OH)_2$ se utilizó para la floculación. Esta afirmación es apoyada por Rivas et al., (2017, p.1) quien señala que no importa la dosis, la característica para una buena remoción de contaminantes es mediante la adición de aditivos, siendo el sulfato de aluminio quien le permitió tener resultados de remoción de un 91,70% empleando la tecnología de coagulación-floculación.

Las investigaciones de Rivas et al., 2017 y Donneys et al., 2018 son apoyadas por los investigadores: Laines et al., 2008 y Chaouki et al., 2021, quienes emplearon concentraciones iniciales de lixiviados de 1000ml de muestra para DQO y SST para eliminar composiciones fisicoquímicas. Siendo por su parte los investigadores Maldonado et al., 2017, Droppelmann C. y Oettinger M., 2009, Kwarciak et al., 2021, Moradian et al., 2020 quienes emplean concentraciones de muestra para DQO en: 3500 mg/L, 3017 mg/l, 3155 mg/L y 2450 mg / L respectivamente.

De acuerdo con Méndez et al., (2009, p.1) la característica del reactivo fenton es el valor de pH, siendo a valores ácidos de pH donde se pueden alcanzar altas remociones de los contaminantes orgánicos. Esta afirmación es apoyada por Medina et al., (2018) en el anexo 2, quien en su investigación señaló que el pH óptimo es el 3,19 siendo este un pH ácido, con la tecnología fenton.

Otra característica de las tecnologías aplicadas al manejo de lixiviados y emisiones en Perú comparadas con otros países es la combinación de tratamientos siendo señalado por Donneys et al., (2018) que la combinación de 3 tratamientos de depuración: electrodisolución de hierro en el lixiviado, oxidación de hierro y floculación genera que se presente porcentaje de remoción más alto, pero no es comúnmente empleado ya que presenta altos valores económicos debido a los reactivos químicos que se emplean.

Esa afirmación es rechazada por Laines et al., 2008, Valderrama et al., 2016, Chimbolema et al., 2020 y Medina et al., 2018 quienes aplican una sola tecnología para el tratamiento de lixiviados en Perú, siendo los tratamientos de coagulación -floculación y fenton respectivamente las tecnologías aplicadas, presentando también porcentajes altos de remoción.

Los promedios de porcentajes más altos de las tecnologías en Perú son de un 50% al 70% mientras que a nivel internacional en un 80% al 100%.

De acuerdo con la comparación de 21 investigadores, 4 de 17 estudiaron el relleno sanitario en Perú; a nivel nacional no se presentaron tratamientos físicos, químicos ni fisicoquímicos para el manejo de lixiviados y emisiones generadas en los rellenos sanitarios.

Los investigadores que respaldan los tratamientos biológicos en Perú son: Laines et al., 2008, Valderrama et al., 2016, Chimbolema J. et al., 2020 y Medina et al., 2018; mediante los procesos fenton. De acuerdo con Valderrama et al.,

(2016, p.2) el mejor tratamiento de lixiviados en relleno sanitario de Perú son el proceso Fenton, siendo este la mejor alternativa viable, efectiva y a costos relativamente bajos que pueden ser utilizados como pre o post tratamiento biológico.

En el anexo 3, el tratamiento biológico para Viegas et al., 2021 empleando biorremediación permite tener óptimos resultados para la eliminación de P y N, siendo esta afirmación apoyada por De souza et al., 2021, quien emplea también tratamiento biológico mediante biorremediación presentando porcentajes altos de remoción de N y P esto es apoyado por la investigación de Chimbolema et al., 2020, quien en su investigación presentó porcentajes altos de remoción empleando también tratamiento biológico.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con la comparación de 21 investigaciones en el estudio para determinar las características del manejo de lixiviados y emisiones generadas por los rellenos sanitarios en los países del mundo se obtuvo que:

- ✓ De acuerdo con el primer objetivo respecto a definir la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios de Perú se tiene que en un 100% las investigaciones realizadas en rellenos sanitarios de Perú emplean el tratamiento biológico mediante el proceso Fenton.
- ✓ Como segunda conclusión se tuvo que respecto al objetivo de definir la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios a nivel internacional se tiene que un 50% emplean el tratamiento biológico, en un 32% el tratamiento químico, seguido del tratamiento fisicoquímico con 18%, mientras que los tratamientos físicos presentaron un 0%.
- ✓ Las tecnologías que se emplean en el Perú a comparación de las del mundo resalta en la combinación de tratamientos, siendo el tratamiento Fenton mediante el proceso biológico el que se utiliza en su mayoría a nivel nacional (Perú), mientras que a nivel internacional emplean tecnologías mediante la combinación de tratamientos siendo demostrado que se obtienen mejores resultados en porcentajes del 80-100%.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar mayores investigaciones enfocadas en el relleno sanitario de Perú, ya que se ha encontrado una escasa información al respecto y poca cantidad de investigadores se centra en la problemática que ocurre en el País con la contaminación de los lixiviados y emisiones.
- Realizar mayores estudios experimentales a nivel de Perú empleando combinación de tratamientos teniendo como guía a estudios internacionales, según las tecnologías aplicadas para el tratamiento de lixiviados y emisiones por los rellenos sanitarios.
- Realizar análisis microbiológico de los lixiviados para determinar el tratamiento más efectivo o la combinación de tratamientos más efectivos para la remoción de los lixiviados.

REFERENCIAS

1. ALAN, David y CORTEZ, Liliana. Procesos y fundamentos de la investigación científica. Editorial UTMACH, 1era ed., Ecuador, 2018, 127 pp. ISBN: 978- 9942-24-093-4. Disponible en:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiagcionCientifica.pdf>
2. ALIBARDI, Luca; COSSU, Raffaello. Leachate generation modeling. [en línea]. Solid waste landfilling (concepts, processes, technologies). Elsevier Inc., Oxford, 2018, p. 229-245. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00013-9>
3. AGRAWAL, Komal, et al. Microbial fuel cell: A boon in bioremediation of wastes. [En línea]. En Microbial wastewater treatment. Elsevier, 2019. p. 175 - 194. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816809-7.00009-9>
4. ANDARI, Gabrieik y KOVEN, William. Estimating greenhouse gas emissions from municipal soil waste management in Depok, Indonesia. City and Environment Interactions, 2019, 4(1): 1 – 8 pp. Disponible en:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2590252020300088?token=D802CF3ABE6690E66E55C252190E77348345D0B9498D0D67BF9ED7A1E1F99A2E0657593B9ABD29368118F06634136319&originRegion=us-east-1&originCreation=20210519202744>
5. ARMENTA, Maysson, SIERRA, Liseth y VÉLEZ, Andrés. Modelacion de la producción de metano en el relleno sanitario Parque Ambiental Oalangana (Santa Marta). KIngenieria Investigacion y Tecnologia, [en línea]. 2017, 18(2): 183-192 pp. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. ISSN: 1405-7743. Disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v18n2/1405-7743-iit-18-02- 00183.pdf>
6. BAIJU, Archa, et al. Combined heterogeneous Electro-Fenton and biological process for the treatment of stabilized landfill leachate. Journal of environmental management, 2018, vol. 210, p. 328-337. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.019>

7. BERNACHE PÉREZ, Gerardo. Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: Un estudio de la región centro occidente de México. [En línea]. Revista internacional de contaminación ambiental, 2012, vol. 28, p. 99-107. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. ISSN 0188-4999
8. BERNARDO, Carlos, CARBAJAL, Yvana y CONTRERAS, Victoria. Metodología de la investigación: Manual de estudiantes. Universidad de San Martín de Porres Lima, Perú, 2019, 166 pp. Disponible en: <https://www.usmp.edu.pe/estudiosgenerales/pdf/2019-I/MANUALES/II%20CICLO/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>
9. CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. Introducción a la metodología de la investigación científica. ESPE Universidad de la Fuerzas Armadas, 1era ed, Ecuador, 2018, 138 pp. ISBN: 978-9942-765-44-4. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>
10. CAMARGO, Yiniva y VÉLEZ, Andres. Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios. Red de ingeniería en saneamiento ambiental REDISA, Colombia, 2009, 32(22): 13 pp. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/276062721>
11. CASTAÑEDA BELTRAN, Maria Camila; RODRIGUEZ MACIAS, Alejandro. Desarrollo de una alternativa para el pretratamiento de la corriente de alimentación al proceso de ósmosis inversa en el tratamiento de lixiviados del relleno de Doña Juana. 2020. Tesis de Licenciatura. Fundación Universidad de América. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131362>
12. CASTRILLÓN, L., et al. Physico-chemical and biological treatment of MSW landfill leachate. [En línea]. Waste Management, 2010, vol. 30, no 2, p. 228-235. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.013>
13. CISTERNA, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. Theoria, 14(1): 61 – 71

- pp. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a6.pdf>
14. CHAOUKI, Z., et al. Treatment of a landfill leachate from Casablanca city by a coagulation-flocculation and adsorption process using a palm bark powder (PBP). [En línea]. Scientific African, 2021, vol. 12, p. e00721. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00721>
 15. CHELLIAPAN, Shreeshivadasan, et al. Anaerobic treatment of municipal solid waste landfill leachate. [En línea]. En Bioreactors. Elsevier, 2020. p. 175-193. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821264-6.00011-5>
 16. CHEMLAL, R., et al. Combination of advanced oxidation and biological processes for the landfill leachate treatment. Ecological Engineering, 2014, vol. 73, p. 281-289. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.043>
 17. CHIMBOLEMA, José Gerardo León; PONCE, Sofía Carolina Godoy; VILLEGAS, Mayra Alexandra Guevara. [En línea]. Eficiencia socio ambiental de la reacción fenton en el tratamiento de lixiviados. Ciencia Digital, 2020, vol. 4, no 3, p. 271-285. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2021].
 18. COLOMBO, Andréia, et al. Treatment of sanitary landfill leachate by the combination of photo-Fenton and biological processes. Journal of Cleaner Production, 2019, vol. 214, p. 145-153. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.310>
 19. COSSU, R.; STEGMANN, R. Solid Waste Landfilling, Concepts, Processes. [en línea]. Technology. Elsevier, 2018. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00046-2>
 20. CUDJOE, Dan; HAN, Myat Su. Economic feasibility and environmental impact analysis of landfill gas to energy technology in African urban areas. [En línea]. Journal of Cleaner Production, 2021, vol. 284, p. 125437. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021].
 21. DANLEY-THOMSON, Ashley, et al. Determining the effects of Class I landfill leachate on biological nutrient removal in wastewater treatment. [En línea]. Journal of Environmental Management, 2020, vol. 275, p. 111198. [Fecha de

consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111198>

22. DENG, Yang, et al. Research on the treatment of biologically treated landfill leachate by joint electrochemical system. *Waste Management*, 2018, vol. 82, p. 177-187. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.028>
23. DENG, Yang, et al. Treatment of organic wastewater containing nitrogen and chlorine by combinatorial electrochemical system: Taking biologically treated landfill leachate treatment as an example. *Chemical Engineering Journal*, 2019, vol. 364, p. 349-360. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.01.176>
24. DE SOUZA, Leandro, et al. Biopolishing sanitary landfill leachate via cultivation of lipid-rich *Scenedesmus* microalgae. [en línea]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, p. 127094. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127094>
25. DROPELMANN, Carmen V.; OETTINGER, Michael. Tratamiento en Lodo Activado del Lixiviado de un relleno sanitario. [En línea]. *Información tecnológica*, 2009, vol. 20, no 1, p. 11-19. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3916it.07>
26. DONNEYS-VICTORIA, Dayana, et al. Treatment of landfill leachate by a combined process: Iron electrodisolution, iron oxidation by H₂O₂ and chemical flocculation. [En línea]. *Sustainable Environment Research*, 2018, vol. 28, no 1, p. 12-19. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.serj.2017.07.003>
27. DUAN, Zhenhan; KJELDTSEN, Peter; SCHEUTZ, Charlotte. Trace gas composition in landfill gas at Danish landfills receiving low-organic waste. [En línea]. *Waste Management*, 2021, vol. 122, p. 113-123. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.001>
28. ESFAHANI, Amirsalar R.; ZHAI, Lei; SADMANI, AHM Anwar. Removing heavy metals from landfill leachate using electrospun polyelectrolyte fiber mat-laminated ultrafiltration membrane. [En línea]. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 4, p. 105355. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105355>

29. EL-GOHARY, Fatma A.; KAMEL, G. Characterization and biological treatment of pre-treated landfill leachate. *Ecological Engineering*, 2016, vol. 94, p. 268-274. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.074>
30. ELIESER, Escalona Guerra. Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. [En línea]. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 2014, vol. 52, no 2, p. 270-277. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: ISSN 1561-3003
31. ESCUDERO, Carlos y CORTEZ, Liliana. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. Editorial UTMACH, 1era ed., Ecuador, 2018, 106 pp. ISBN: 978-9942-24-092-7. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodoscualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
32. FOUFOU, A., et al. Water pollution diagnosis and risk assessment of Wadi Zied plain aquifer caused by the leachates of Annaba landfill (NE Algeria). [En línea]. *Energy Procedia*, 2017, vol. 119, p. 393-406. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.123>
33. FUDALA-KSIAZEK, S., et al. Influence of the boron doping level on the electrochemical oxidation of raw landfill leachates: Advanced pre-treatment prior to the biological nitrogen removal. *Chemical Engineering Journal*, 2018, vol. 334, p. 1074-1084. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.196>
34. GARAJ-VRHOVAC, Vera, et al. Toxicological characterization of the landfill leachate prior/after chemical and electrochemical treatment: a study on human and plant cells. [En línea]. *Chemosphere*, 2013, vol. 93, no 6, p. 939-945. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.05.059>
35. GOTVAJN, A. Žgajnar; ZAGORC-KONČAN, J.; COTMAN, M. Fenton's oxidative treatment of municipal landfill leachate as an alternative to biological process. *Desalination*, 2011, vol. 275, no 1-3, p. 269-275. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.03.017>
36. GUNARATHNE, Viraj, et al. Phytoremediation for E-waste contaminated sites. En *Handbook of Electronic Waste Management*. [En línea]. Butterworth-Heinemann,

2020. p. 141-170. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00005-X>
37. HANS-Jürgen EHRIG, Rainer STEGMANN, Tim Robinson. [En línea]. Chapter 10.3 - Biological Leachate Treatment, Solid Waste Landfilling. 2018. Pages 541-574. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00027-9>
38. HERNÁNDEZ Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. Mc Graw Hill Education, 6ta ed., México, 2014, 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
39. HERRERA, Jorge, ROJAS, José y ANCHÍA, Devis. Emisiones de gases efecto invernadero y contaminantes criterios derivados de diferentes medidas de mitigación en la gestión de residuos sólidos urbanos del cantón de San José, Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales, [En línea], 2018, 52(1): 94 – 100 pp. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISSN: 2215-3896. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-1.5>
40. HERRERA, J., GUEVARA, G. Y MUNSTER. H. (2015). Los diseños y estrategias para los estudios cualitativos. Un acercamiento teóricometodológico. Gaceta Médica Espirituana [en línea], vol. 17, (2): 120-134 pp. ISSN 1608-8921. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1608
41. HUI, Hongsen, et al. A three-stage fixed-bed electrochemical reactor for biologically treated landfill leachate treatment. Chemical Engineering Journal, 2019, vol. 376, p. 121026. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.113>
42. IBRAR, Ibrar, et al. Treatment of biologically treated landfill leachate with forward osmosis: Investigating membrane performance and cleaning protocols. Science of The Total Environment, 2020, vol. 744, p. 140901. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140901>

43. INDIA, POMPI. Census of India 2011 provisional population totals. New Delhi: Office of the Registrar General and Census Commissioner. [En línea]. 2011. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021].
44. JAGABA, A. H., et al. Sequencing batch reactor technology for landfill leachate treatment: A state-of-the-art review. [En línea]. Journal of Environmental Management, 2021, vol. 282, p. 111946. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111946>
45. JAYAWARDHANA, Y., et al. Municipal solid waste biochar for prevention of pollution from landfill leachate. [En línea]. En Environmental materials and waste. Academic Press, 2016. p. 117-148. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.00006-8>
46. JEYASUNDAR, Parimala Gnana Soundari Arockiam; ALI, Amjad; DI GUO, Zengqiang Zhang. Waste treatment approaches for environmental sustainability. [En línea]. Microorganisms for Sustainable Environment and Health, 2020, p. 119. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00006-1>
47. KWARCIAK-KOZŁOWSKA, Anna; FIJAŁKOWSKI, Krzysztof L. Efficiency assessment of municipal landfill leachate treatment during advanced oxidation process (AOP) with biochar adsorption (BC). [En línea]. Journal of Environmental Management, 2021, vol. 287, p. 112309. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112309>
48. KEBEDE, Yadeta S.; ALENE, Mulugeta M.; ENDALEMAW, Nega T. Urban landfill investigation for managing the negative impact of solid waste on environment using geospatial technique. [En línea]. A case study of Assosa town, Ethiopia. Environmental Challenges, 2021, p. 100103. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100103>
49. KIM, Kwon-Rae; OWENS, Gary. Potential for enhanced phytoremediation of landfills using biosolids—a review. [En línea]. Journal of environmental management, 2010, vol. 91, no 4, p. 791-797. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00354-2>

50. KRISHNA, IV Murali, et al. Environmental management: science and engineering for industry. [En línea]. Butterworth-Heinemann, 2017. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811989-1.00016-6>
51. LAINES CANEPA, José Ramón, et al. Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. [En línea]. Interciencia, 2008, vol. 33, no 1, p. 22-28. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISSN 0378- 1844
52. LAZO, Richard, et al. Características de residuos sólidos y diseño de un relleno sanitario manual opera el distrito La Yarada Los Palos. Ingeniería Investiga, 2020, 2(2): 431 – 443 pp. Disponible en: <http://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/416/351>
53. LE LUU, Tran. Post treatment of ICEAS-biologically landfill leachate using electrochemical oxidation with Ti/BDD and Ti/RuO₂ anodes. Environmental Technology & Innovation, 2020, vol. 20, p. 101099. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101099>
54. LI, Lin, et al. Microbial aerosol particles in four seasons of sanitary landfill site: Molecular approaches, traceability and risk assessment. [En línea]. Journal of Environmental Sciences, 2021, vol. 108, p. 120-133. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.01.013>
55. LI, Yu-Long, et al. Simultaneous chemical oxygen demand removal, methane production and heavy metal precipitation in the biological treatment of landfill leachate using acid mine drainage as sulfate resource. Journal of bioscience and bioengineering, 2017, vol. 124, no 1, p. 71-75. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2017.02.009>
56. LIU, Mu, et al. Treatment performance and N₂O emission in the UASB-A/O shortcut biological nitrogen removal system for landfill leachate at different salinity. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015, vol. 32, p. 63-71. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.07.017>
57. LIU, ZhiPing, et al. Characterization of dissolved organic matter in landfill leachate during the combined treatment process of air stripping, Fenton, SBR and coagulation. [En línea]. Waste Management, 2015, vol. 41, p. 111-118. [Fecha de

consulta: 28 de abril del 2021]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.044>

58. LÓPEZ-VEGA, Maria Elena; SANTOS-HERRERO, Ronaldo. La recirculación de lixiviados de rellenos sanitarios en biodigestores a escala de laboratorio. [En línea]. Tecnología Química, 2017, vol. 37, no 3, p. 470-483. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISSN 2224-6185
59. MALDONADO, Julio Isaac; CHONA, Jarson Alexis Rodríguez; CAJIAO, Angela Maritza. Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios en filtros anaerobios de flujo ascendente de dos fases (DI-FAFS). [En línea]. Revista Ingeniería UC, 2017, vol. 24, no 1, p. 91-104. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. ISSN: 1316-6832
60. MARC R. Y FRANCOIS S., Chapter 1 - Introduction and overview, Waste-to-Energy. [En línea]. (Second Edition). 2011. Pages 1-7. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISBN 9781437778717. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-7871-7.10001-2>.
61. Medina Valderrama, C. J., Montero del Águila, E. M., & Cruz Pio, L. E. (2018). Optimización del proceso Fenton en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios. [En línea]. Revista de La Sociedad Química Del Perú, 84(3), 454- 466. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021].
62. MÉNDEZ NOVELO, Roger Iván, et al. Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. [En línea]. Revista internacional de contaminación ambiental, 2009, vol. 25, no 3, p. 133-145. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. ISSN 0188-4999
63. MIAO, Lei, et al. Recent advances in nitrogen removal from landfill leachate using biological treatments—A review. Journal of environmental management, 2019, vol. 235, p. 178-185. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.057>
64. MORADIAN, Fatemeh, et al. Effective treatment of high-salinity landfill leachate using ultraviolet/ultrasonication/peroxymonosulfate system. [En línea]. Waste Management, 2020, vol. 118, p. 591-599. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.018>

65. MÜLLER, Gabriel Timm, et al. The effect of sanitary landfill leachate aging on the biological treatment and assessment of photoelectrooxidation as a pre-treatment process. Waste management, 2015, vol. 36, p. 177-183. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.10.024>
66. NI, Huicheng, et al. Application of basalt fibers in a biological contact oxidation reactor for the treatment of landfill leachate. Journal of Cleaner Production, 2021, vol. 297, p. 126648. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126648>
67. OULEGO, Paula, et al. Tertiary treatment of biologically pre-treated landfill leachates by non-catalytic wet oxidation. Chemical Engineering Journal, 2015, vol. 273, p. 647-655. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.03.089>
68. OZIEGBE, O., et al. Assessment of Heavy Metal Bioremediation Potential of Bacterial Isolates from Landfill Soils. [En línea]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2021. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.072>
69. PELLENZ, Leandro, et al. Landfill leachate treatment by a boron-doped diamond-based photo-electro-Fenton system integrated with biological oxidation: A toxicity, genotoxicity and by products assessment. Journal of environmental management, 2020, vol. 264, p. 110473. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110473>
70. Quiroz, D. (2020). Gestión del tiempo, rigor científico y estrés académico en estudiantes modalidad semipresencial, décimo semestre de universidad privada, Pueblo Libre. Tesis de post grado, Universidad Cesar Vallejo, 166pp.
71. RAINER S., 10.1 - Strategic Issues in Leachate Management. [En línea]. Solid Waste Landfilling, Elsevier.2018. Pages 501-509. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISBN 9780128183366. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00025-5>
72. RETTENBERGER, Gerhard. Collection and Disposal of Landfill Gas. [en línea]. Solid Waste Landfilling; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2018, p. 449-462. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00022-X>

73. RIGHETTO, Ilaria, et al. Multipurpose treatment of landfill leachate using natural coagulants–Pretreatment for nutrient recovery and removal of heavy metals and micropollutants. [en línea]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2021, vol. 9, no 3, p. 105213. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105213>
74. RITZKOWSKI, Marco; HEYER, Kai-Uwe; STEGMANN, Rainer. Biologische in-situ Stabilisierung der Altdeponie Kuhstedt/Niedersachsen. [en línea]. Müll und Abfall, 2008, vol. 7, no 08, p. 355. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00043-7>
75. RIVAS-ROMERO, Sorangel; MENÉS-VUELTA, Gerardo; RÓMULO-RODRÍGUEZ, Aimet. Tratamiento por coagulación-floculación a efluente de la Empresa del Níquel Comandante Ernesto Che Guevara. [en línea]. Tecnología Química, 2017, vol. 37, no 2, p. 173-183. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2021].
76. ROGOFF, Marc J.; SCREVE, Francois. Waste-to-energy: technologies and project implementation. [en línea]. Academic Press, 2019. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-7871-7.10001-2>
77. SÁEZ, Alejandrina; URDANETA, Joheni A. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. [en línea]. Omnia, 2014, vol. 20, no 3, p. 121-135. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISSN: 1315-8856. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
78. SALUJA, Sonal; GAUR, Arun; AHMAD, Kafeel. Physico-chemical characterization of stabilized MSW of an Okhla landfill. [en línea]. Materials Today: Proceedings, 2020. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.546>
79. SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos y MEJÍA, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Universidad Ricardo Palma – Vicerrectorado de investigación, 1era ed., Lima, Perú, 2018, 146 pp. ISBN: 978-612-47351-4-1. Disponible en: <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

80. SALGADO, Ana. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. Liberabit. [en línea], Lima, 2007, 8 pp. [fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISSN 1729-4827. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/liber/v13n13/a09v13n13.pdf>
81. SEGUNDO, Inalmar D. Barbosa, et al. Finding a suitable treatment solution for a leachate from a non-hazardous industrial solid waste landfill. [en línea]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2021, vol. 9, no 2, p. 105168. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105168>
82. SEIBERT, Daiana, et al. Two-stage integrated system photo-electro-Fenton and biological oxidation process assessment of sanitary landfill leachate treatment: an intermediate products study. Chemical Engineering Journal, 2019, vol. 372, p. 471-482. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.04.162>
83. SILVA, Tânia FCV, et al. Multistage treatment system for raw leachate from sanitary landfill combining biological nitrification–denitrification/solar photo-Fenton/biological processes, at a scale close to industrial–Biodegradability enhancement and evolution profile of trace pollutants. Water research, 2013, vol. 47, no 16, p. 6167-6186. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.036>
84. SONG, Jianyang, et al. A pilot-scale study on the treatment of landfill leachate by a composite biological system under low dissolved oxygen conditions: Performance and microbial community. Bioresource technology, 2020, vol. 296, p. 122344. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122344>
85. SPEIGHT, James G. Natural gas: a basic handbook. [en línea]. Gulf Professional Publishing, 2018. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809570-6.00003-5>
86. STEGMANN, R.; HEYER, K. U.; COSSU, R. Leachate treatment. En Proceedings Sardinia. [en línea]. 2005. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00029-2>
87. SUN, Faqian, et al. Effective biological nitrogen process and nitrous oxide emission characteristics for the treatment of landfill leachate with low carbon-to-

- nitrogen ratio. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 268, p. 122289. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122289>
88. TAŁAŁAJ, Izabela Anna; BARTKOWSKA, Izabela; BIEDKA, Paweł. Treatment of young and stabilized landfill leachate by integrated sequencing batch reactor (SBR) and reverse osmosis (RO) process. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2021, p. 100502. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100502>
 89. VALDERRAMA, Medina; MONTERO DEL ÁGUILA, Edgar; CRUZ PIO, Liz Erika. Optimización del proceso Fenton en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios. [en línea]. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2016, vol. 82, no 4, p. 454-466. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. ISSN 1810- 634X
 90. VIEGAS, Catarina, et al. A circular approach for landfill leachate treatment: Chemical precipitation with biomass ash followed by bioremediation through microalgae. [en línea]. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 3, p. 105187. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105187>
 91. VILAR, Vítor JP, et al. Treatment of a sanitary landfill leachate using combined solar photo-Fenton and biological immobilized biomass reactor at a pilot scale. *Water Research*, 2011, vol. 45, no 8, p. 2647-2658. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.02.019>
 92. WANG, Xutong, et al. Contamination, ecological and health risks of trace elements in soil of landfill and geothermal sites in Tibet. [en línea]. *Science of The Total Environment*, 2020, vol. 715, p. 136639. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136639>
 93. Wujianzhaxi Pingcuo, L. Pian Q., Z.J. Hu, Wanmayangsang Domestic waste pollution in the remote agricultural and pastoral areas of Tibet *Tibet Sci. Technol.* (6) (2015), pp. 48-49 [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021].
 94. YAHMED, Amira Ben, et al. Microbial characterization during aerobic biological treatment of landfill leachate (Tunisia). *Desalination*, 2009, vol. 246, no 1-3, p. 378-388. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.04.054>

95. YOUCAI, Zhao. Pollution control Technology for Leachate from municipal solid waste: landfills, incineration plants, and transfer stations. [en línea]. Butterworth-Heinemann, 2018. [Fecha de consulta: 19 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815813-5.00005-X>
96. ZENG, Dan, et al. Factors influencing groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in the Qinghai-Tibetan plateau. [en línea]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2021, vol. 211, p. 111913. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111913>
97. ZHU, Zihan, et al. Efficient treatment of mature landfill leachate with a novel composite biological trickle reactor developed using refractory domestic waste and aged refuse. [en línea]. Journal of Cleaner Production, 2021, p. 127194. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127194>
98. ZIEGLER-RODRIGUEZ, Kurt, et al. Transitioning from open dumpsters to landfilling in Peru: Environmental benefits and challenges from a life-cycle perspective. [en línea]. Journal of Cleaner Production, 2019, vol. 229, p. 989-1003. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.015>
99. WIJEKOON, W. M. P. C., et al. Progress and Prospects in Mitigation of Landfill Leachate Pollution: Risk, Pollution Potential, Treatment and Challenges. [en línea]. Journal of Hazardous Materials, 2021, p. 126627. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126627>
100. WU, Lina, et al. Advanced nitrogen removal using bio-refractory organics as carbon source for biological treatment of landfill leachate. [en línea]. Separation and Purification Technology, 2016, vol. 170, p. 306-313. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.06.033>

ANEXOS

Anexo 1: Tabla 6. Matriz de categorización apriorística

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | PROBLEMAS ESPECÍFICOS | CATEGORÍA | SUBCATEGORÍA | CRITERIO 1 | CRITERIO 2 |
|--|---|-----------------------------------|---|--|---|
| Definir la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios de Perú. | ¿Cuál es la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios de Perú? | Tecnologías aplicadas y emisiones | <ul style="list-style-type: none"> • Químicos • Físicos • Biológicos | De acuerdo a las características fisicoquímicas presentes en los lixiviados. | De acuerdo a las características fisicoquímicas presentes en las emisiones. |
| Definir la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios a nivel internacional. | ¿Cuál es la tecnología más eficaz para el manejo de lixiviados y emisiones que se generan en los rellenos sanitarios a nivel internacional? | Eficiencia de tecnologías | <ul style="list-style-type: none"> • Disminución en parámetros • Porcentaje de eficiencia | De acuerdo a la Cantidad de disminución en la concentración de los parámetros de lixiviados. | De acuerdo a la cantidad de disminución en la concentración de los parámetros de emisiones. |

Anexo 2: Ficha de análisis de contenido

| | |
|--|---|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO |
|--|---|

TITULO:

| | | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| PAGINAS UTILIZADAS | AÑO DE PUBLICACION | LUGAR DE PUBLICACION |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| TIPO DE INVESTIGACION: | AUTOR (ES): |
|-------------------------------|--------------------|

| | |
|---|--|
| CODIGO ISSN | |
| PALABRAS CLAVES | |
| TIPO DE TECNOLOGÍAS APLICADAS A LOS LIXIVIADOS Y EMISIONES. | |
| EFICIENCIA DE LAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LOS LIXIVIADOS Y EMISIONES. | |
| COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LOS LIXIVIADOS Y EMISIONES A NIVEL PERÚ Y OTROS PAÍSES. | |
| OBJETIVO DEL ESTUDIO | |
| METODOLOGIA | |
| RESULTADOS | |
| CONCLUSIONES: | |

Elaboración propia

Anexo 3: Tabla 7. Tratamiento de lixiviados y emisiones generadas en los rellenos sanitarios

| Tratamiento de depuración | Tipo de tratamiento | Características de lixiviados | | | Efectos | País | Autor |
|--|--------------------------|--|---|--|---|--------------|--|
| | | Composición fisicoquímica | Concentración | Porcentaje de remoción | | | |
| Membranas de ultrafiltración laminada (PAA PAH-UF) UF no modificada | Biológico | Metales pesados (Cu, Cd, Pb) | -Materia orgánica natural del río Suwannee (SRNOM): 50 y 100 mg / L -Metales pesados: 10mg/L | Remoción de MP: 18% Membrana PAA / PAH-UF eficiencia de remoción entre un 38 y un 85% mayor en comparación con la membrana sin modificar. | - | Países bajos | Estefahani et al., 2021. |
| Sistema ultravioleta/ Ultrasonidos / peroximonosulfato | Biológico | -DQO -Metales pesados: (Pb, As y Ca) | -Concentración DQO: 2450 mg / L -Cantidad de lixiviado: 915 mg/L y 7390 mg / L | -El valor de DQO se redujo a 983 mg / L. -Proporción inicial de DBO 5 / DQO (0,66) se redujo a 0,38 | Agua y suelo | Irán | Moradian et al., 2020 |
| Degradación anaerobia | Biológico | -pH -DQO | -Concentración de Lixiviados: 2000 mg/L | DQO por debajo de 2000 mg/L Se extrajeron cargar de: 30 000 mg/L y 70 000 mg/L | Contaminación del aire | Cuba | López-Vega M. y Santos- Herrero R., 2017 |
| Coagulación- floculación | Biológico | Lixiviados (turbiedad, color, demanda química de oxígeno (DQO), pH) Sólidos suspensiones totales (SST) Conductividad | 1000ml del lixiviado pretratado en 6 vasos con concentraciones de: (75,150,225, 300, 375mg/l) | La turbiedad se redujo a <5UNT con 75mg/l La mayor remoción de color se obtuvo con cloruro férrico, seguidas por LASA 55 y sulfato de aluminio, LASAB 23530 y LASA 73, siendo LASAR 23530 la menor. | Efectos negativos de los lixiviados: contaminación de agua y suelo. | Venezuela | Laines et al., 2008 |
| Remediación y biorremediación a través | Biológico Físico-químico | Lixiviados (Color y la turbidez) | Concentración de cenizas: | Porcentaje de eliminación: -Rango de 18 a 62% | - | España | Viegas et al., 2021 |

| Tratamiento de depuración | Tipo de tratamiento | Características de lixiviados | | | Efectos | País | Autor |
|---|----------------------------|---|---|---|---|--------------|-----------------------|
| | | Composición fisicoquímica | Concentración | Porcentaje de remoción | | | |
| de microalgas | | Eliminación de efluentes | 160 g/L | -Color 98,5% -DQO= 18 a 62% -N= 63 a 71% -P= 15 a 100% | | | |
| Oxidación avanzada (AOP) y adsorción de biocarbón (BC). | Químico | Contaminantes orgánicos e inorgánicos | Concentración: DQO fue de 3155 mg/L y la DBO por debajo de 165 mg L-1 | Porcentaje de eliminación: DQO= 17% TOC= 12% | Contaminación ambiental por la alta toxicidad. | Polonia | Kwarciak et al., 2021 |
| Coagulación- floculación y adsorción | Físico Químico | -Demanda química de oxígeno (DQO) -Color, turbidez -Sólidos suspendidos totales (SST) | Concentración: 1000ml de muestra de lixiviado. | Reducción de: DQO= 50% Turbidez= 90% Color= 80% La combinación del proceso de coagulación Adsorción en el bio adsorbente de PBP logró una eliminación del: Turbidez= 99% DQO=59% Color=90% | Riesgos ambientales y sanitarios | Marruecos | Chaouki et al., 2021 |
| Tasa de absorción de oxígeno específica (SOUR) -Reactores discontinuos de secuenciación a escala de laboratorio (SBR) | Biológico | -Absorción de oxígeno específica - Lixiviado | - | La carga que maximizó la actividad microbiana fue específica del lixiviado y típicamente varió del 5% al 10%. | Impacto potencialmente disruptivo en los procesos de tratamiento de aguas residuales. | Países bajos | Danley et al., 2020 |
| Coagulación oxidación biológica, procesos de oxidación avanzada química y electroquímica (AOP / EAOP), Incluida la fotooxidación | - Biológicos - Químicos | -Lixiviado de residuos sólidos industriales (ISWL) -Sustancias orgánicas (color, olor y turbidez y | - | Es probable que el tratamiento en 3 etapas sea apto para una amplia gama de lixiviados de Relleno sanitario industriales, pero los tipos de lixiviados de vertedero industrial hasta | Contaminación del aire | Países bajos | Segundo et al., 2021 |

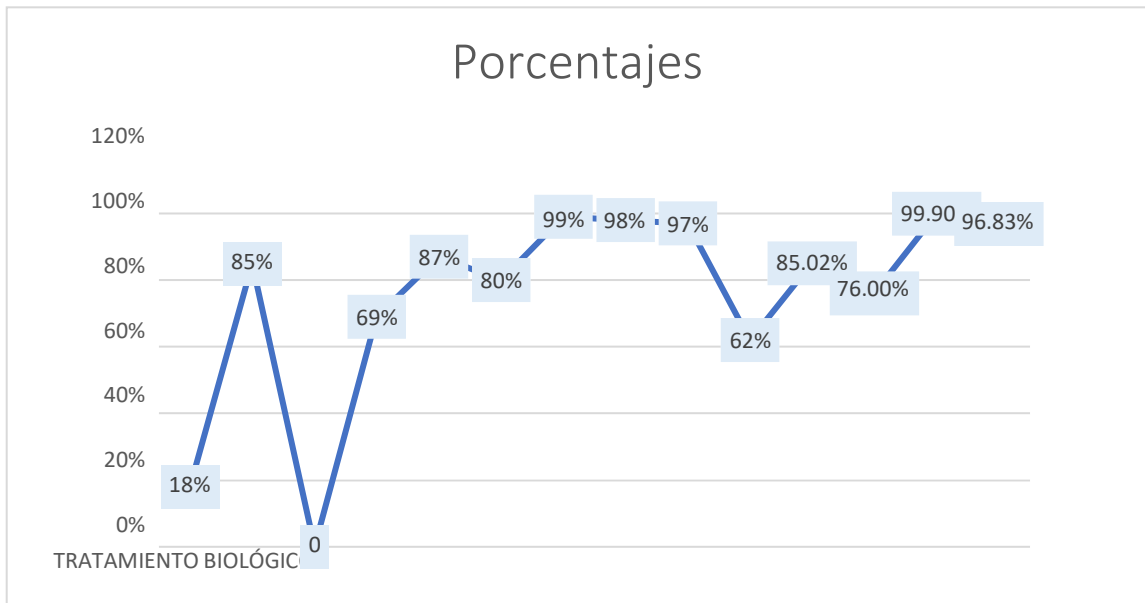
| Tratamiento de depuración | Tipo de tratamiento | Características de lixiviados | | | Efectos | País | Autor |
|---|---------------------|---|--|--|--|--------------|-------------------------------------|
| | | Composición fisicoquímica | Concentración | Porcentaje de remoción | | | |
| Fenton | | mejora de la biodegradabilidad) Sólidos en suspensión, turbidez, hierro y fósforo, compuestos nitrogenados | | ahora se encuentran sin soluciones de tratamiento viables. | | | |
| Coagulación- floculación | Químico | -Nitrógeno total, fósforo total, carbono orgánico total y amoniaco | Concentración: 11,1 mL/L | Eliminación de: TP= 47% TOC= 15% TN= 4% NH3-N aumentó en un 20% | contaminación del agua | Países bajos | Righetto et al., 2021 |
| Biorremediación: Tratamiento biológico con microalgas | Biológico | -Nitrógeno - Fósforo -Metales (Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Rb y Zn) | Concentraciones: 0, 20, 40, 60, 80 y 100% de lixiviado de los rellenos sanitario tratado (TSL) | Remoción de: Nitrógeno= 69% Fósforo= 87% Eliminaron metales (Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Rb y Zn) = 80% | Enfermedades en el ser humano | Japón | De Souza et al., 2021 |
| Lodo Activado | Biológico | -Demanda biológica de oxígeno (DBO) Nitrógeno amoniacal | Concentración: -DBO5= 1150 y 3017 mg/l -N-NH4= 1350 y 1750 mg/L-0,073 kg DBO5/kg | Remoción de: DBO5= 98% N-NH4= 99% | Problemas del aire | Chile | Droppelmann C. y Oettinger M., 2009 |
| Coagulación– Floculación | Fisicoquímico | -Lixiviados -SST -Carbón orgánico | Concentración: - H2O2= 600 mg/L -Fe2+= 1000 mg/L | Remoción: Partículas suspendidas de los lixiviados= 40 % | Uno de los más contaminantes al ecosistema y | México | Méndez et al., 2009 |

| Tratamiento de depuración | Tipo de tratamiento | Características de lixiviados | | | Efectos | País | Autor |
|--|---------------------------|--|---|--|---|----------|------------------------|
| | | Composición fisicoquímica | Concentración | Porcentaje de remoción | | | |
| Flotación | | total (COT) | | Partículas suspendidas de los lixiviados=37 % | que mayor repugnancia genera sobre la comunidad involucrada y el | | |
| Adsorción | | | | DQO= 60 a 30 % | | | |
| Reactivo Fenton | | | | DQO= 78 % COT= 87 % siendo el más eficiente | | | |
| Filtros anaerobios | Químico Físico | -DQO | Concentraciones: Serie 2 media= 1700 mg/L Serie 3 alta= 2600 mg/L DQO= 3500 mg/L | Remoción: DQO= 72.86 % | Contaminación en cuerpos de agua | Colombia | Maldonado et al., 2017 |
| Proceso combinado Electrodisolución de hierro | Químico | -Conductividad -Color aparente -Turbidez -Concentración de cloruros -DQO | Concentración: -Muestra de lixiviado= 1,6 L -Peróxido de hidrógeno= 0,225 g/L | Remoción: 69% | Enfermedades en humanos y animales: trastorno en los procesos metabólicos que pueden terminar en enfermedades, reducción de la fertilidad, bioacumulación y u alto Potencial de cáncer. | Colombia | Donneys et al., 2018 |
| Oxidación de hierro por H2O2 | | | | DQO= 85% Color= 96% Turbidez= 76% | | | |
| -Floculación química | | | | DQO= 6% Color= 12% | | | |
| Precipitación química con CaO | Químico Electroquímico | - Lixiviados | Concentración: | | | Croacia | Garaj et al., 2013 |
| -Coagulación con cloruro | | | -100 mL de | Se registraron daños al 5% de | Impacto en el | | |

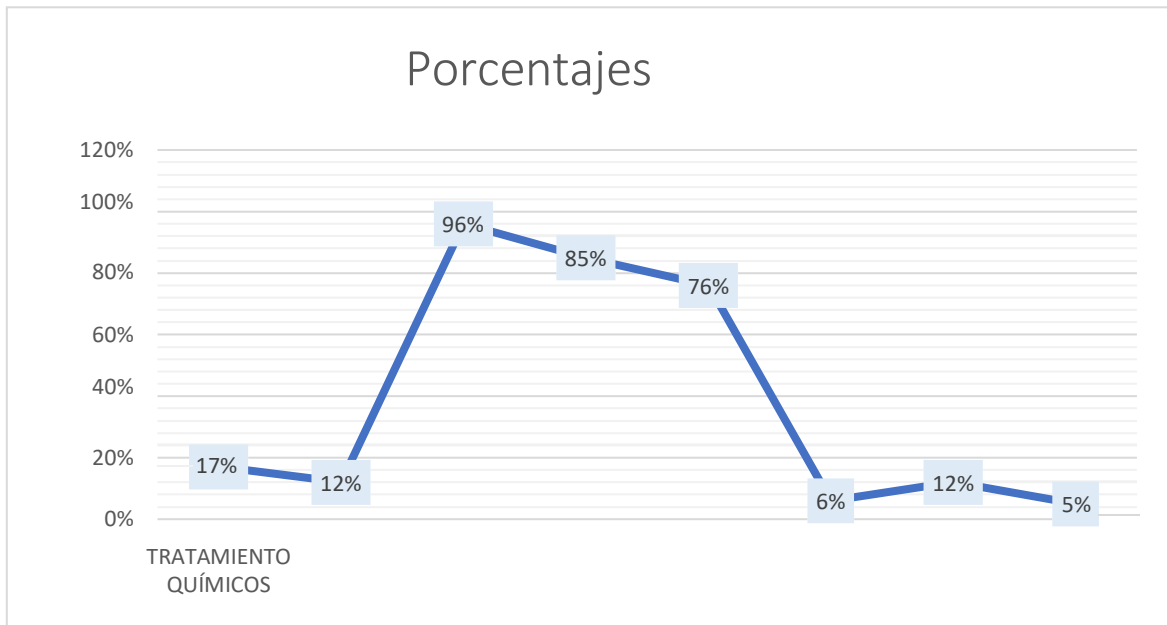
| Tratamiento de depuración | Tipo de tratamiento | Características de lixiviados | | | Efectos | País | Autor |
|---------------------------|---|--|---|--|---|--------|-------------------------|
| | | Composición fisicoquímica | Concentración | Porcentaje de remoción | | | |
| férrico y adsorción final | | | lixiviado de vertedero - 5 g de óxido de calcio - 0,570 mg de Fe ³⁺ L1 | lixiviado de vertedero. | medio ambiente Daños en la salud pública | | |
| -Tratamiento anaeróbico | Fisicoquímico Biológico | -Contaminantes orgánicos -Demanda química de oxígeno (DQO) | Concentración: -DQO= 11.000 y 16.000 mg / L | Remoción: DQO= 0-88% | - | España | Castrillón et al., 2010 |
| -Coagulación- floculación | | | -DQO= 4000-6000 mg/ L | DQO= 60% | | | |
| | -DQO: 4800 mg / L -DBO 5: 670 mg / L | Materia Orgánica= 73-62% Turbidez y el color= 97% | | | | | |
| -Reactor de goteo | Biológico | -Demanda química de oxígeno -Nitrógeno total -Nitrógeno amoniacal -Fósforo | Concentración: 40 L / m3. día | Remoción: - DQO= 85.02% -Nitrógeno total= 76.00% -Nitrógeno amoniacal= 99.90% -Fósforo= 96.83% | Contaminación del agua | - | Zhu et al., 2021 |
| Proceso Fenton | Biológico | -DBO5 -DQO -Alcalinidad -Dureza -pH -Conductividad -Sólidos totales -Turbidez -Pb y Cd | 2 mL de los lixiviados. | Remoción: -DQO= 42% -ST= 51% -Cd= 100% -Pb= 40% -Turbidez 98% -Dureza= 45% -Alcalinidad 27% | - | Perú | Valderrama et al., 2016 |

| Tratamiento de depuración | Tipo de tratamiento | Características de lixiviados | | | Efectos | País | Autor |
|---------------------------|---------------------|---|---|---|-----------------------|------|-------------------------|
| | | Composición fisicoquímica | Concentración | Porcentaje de remoción | | | |
| Proceso Fenton | Biológico | -Sólidos Totales Disueltos (STD) -pH -Turbidez -Color -Conductividad -Alcalinidad -DBO5 -DQO | 1000 mL de lixiviado | Remoción: - Turbidez= 91.0 % -Color= 87.3 % -DBO= 85 % -STD= 75.3 % -DQO= 73 % -Alcalinidad= 36.4 % | Socio ambientales | Perú | Chimbolema et al., 2020 |
| Proceso Fenton | Biológico | -DBO5 -DQO -Alcalinidad -Dureza -pH -Conductividad -Sólidos totales -Turbidez -Pb y Cd | pH=3,19 FeSO4=1645,55 mg/L H2O2=1096,55 mg/L | - DQO= 42% - | Contaminación de agua | Perú | Medina et al., 2018 |

Anexo 4: Gráfico 3. Porcentaje de remoción con el tratamiento biológico



Anexo 5: Gráfico 4. Porcentaje de remoción con el tratamiento químico



Anexo 6: Gráfico 5. Porcentaje de remoción con el tratamiento fisicoquímico

