



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Revisión sistemática de los Impactos de la contaminación de
aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos
municipales**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Chicana Gil, David Antonio (ORCID:0000-0002-2148-8477)

Lopez Quiroz, Eulalio Jeyson (ORCID:0000-0002-6710-5646)

ASESOR:

Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto (ORCID:0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos Sólidos

TRUJILLO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios, Quien nos ha acompañado en cada momento de nuestra vida y nos ha ayudado a mejorar en cada paso dado hasta el momento.

A la madre de Eulalio López Quiroz, la Sra. Alejandrina Quiroz Acuña;

Por ser la mujer más importante en su vida y apoyarme en cada caída enseñándole a levantarse y a no rendirse hasta conseguir la meta conservando la humildad que le caracteriza y los valores que ha incorporado su educación.

Al padre de Eulalio López Quiroz, el Sr. Eulalio López Florez;

Porque a pesar de su sensible fallecimiento hace más de 9 años;

el investigador sabe que desde el cielo le apoyas para que no desista y cumpla todos mi sueños con la constancia que te caracterizaba.

A los 5 hermanos, dos primos, tíos, amigos, especialmente a Vanessa López Quiroz y Elar López Quiroz, por su apoyo incondicional, su comprensión, su cariño, su confianza y estar allí siempre que el investigador le necesito y demostrar el importante valor de la familia.

A mi mejor amigo, David Antonio Chicana Gil,

Quien estuvo presente en mi formación profesional; por cada una de las Noches de estudio y el esfuerzo constante por conseguir todos nuestros objetivos.

A los padres de Antonio Chicana Gil, Antonio Chicana Zanabría y

Roxana Elizabeth Gil Ledesma, por ser

las dos personas más importantes para su vida, siendo también guías y ejemplo de coraje, lealtad, trabajo, valentía y respeto hacia los demás; por cada muestra de amor y cariño en cada etapa de mi vida.

A su abuela, Felipa Ledesma Rojas, por estar en cada momento

importante de su vida y ser pieza fundamental en su formación profesional.

...los autores.

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, Dr. Medardo Alberto Quezada Álvarez, por orientarnos en el desarrollo del presente trabajo de investigación científica y por encaminarnos a la investigación con la finalidad de ser provechoso para la educación ambiental.

Un especial agradecimiento a la Ing. Magda Ruby Rodríguez Rodríguez, en su calidad de directora de la escuela profesional de ingeniería ambiental por garantizar las condiciones necesarias para una excelente formación académica y por ende capacidades adecuadas para una buena realización de la investigación.

A todos nuestros maestros que nos brindaron sus diferentes perspectivas sobre la interpretación de los hechos de la realidad, en especial a los pertenecientes a la escuela profesional de ingeniería ambiental, por incentivar en nosotros ese afán por investigar y contribuir en la formación ética y científica de nuestra sociedad.

Por último, agradecer a todos los lectores que gracias a ellos y a sus ganas de aprender sobre los diversos fenómenos que existen en el mundo es que se realiza este tipo de investigaciones

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Categoría, Subcategorías y matriz de categorización	12
3.3. Escenario de estudio	13
3.4. Participantes	13
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.6. Procedimiento	14
3.7. Rigor científico	17
3.8. Método de análisis de datos	17
3.9. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
V. CONCLUSIONES	44
VI. RECOMENDACIONES	45
VII. REFERENCIAS	46
VIII. ANEXOS.....	59

Índice de tablas

TABLA 1 : Estándares de calidad ambientales de aguas subterráneas	9
TABLA 2 : Parámetros fisicoquímicos de un lixiviado	10
TABLA 3 : Proceso de revisión sistemática	16
TABLA 4 : Clasificación de publicaciones científicas	18
TABLA 5 : Impactos ambientales del lixiviado de residuo sólido	22
TABLA 6 : Casos de intoxicación por metales pesados	24
TABLA 7 : Impactos al agua subterránea para consumo humano	25
TABLA 8 : Impactos a aguas para actividades productivas	30
TABLA 9 : Enfermedades causadas por lixiviados de residuos sólidos	31
TABLA 10 : Impactos a aguas destinadas a la conservación de especies	32
TABLA 11 : Principales factores críticos reconocidos	34
TABLA 12 : Factor “calidad del residuo”	35
TABLA 13 : Factor “condiciones climáticas”	36
TABLA 14 : Factor crítico “condiciones climáticas”	38
TABLA 15 : Factor crítico “condiciones infraestructurales”	39
TABLA 16 : Métodos de tratamiento químicos	43

Índice de figuras

FIGURA 1 : Formación de un lixiviado en un vertedero	4
FIGURA 2 : Esquema de impactos ambientales de los lixiviados	5
FIGURA 3 : Observación de lixiviados en el vertedero de Laredo	7
FIGURA 4 : Fases del diseño de investigación	11
FIGURA 5 : Procedimiento de la investigación	15
FIGURA 6 : Porcentaje de tipo de publicaciones científicas	20
FIGURA 7 : Porcentaje de idiomas de publicaciones científicas	21
FIGURA 8 : Zona de trabajo de investigación de Páez	27
FIGURA 9 : Incorporación de metales pesados a la cadena trófica	29
FIGURA 10 : Modelamiento del riesgo antropogénico	33
FIGURA 11 : Alteración de electrones e ingreso de metales pesados	41
FIGURA 12 : Dinámica del arsénico en aguas subterráneas	42

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo la determinación de los impactos ambientales que generaron la incorporación de lixiviados de vertederos municipales a las aguas subterráneas. Los objetivos específicos planteados fueron; la determinación de los factores críticos que agravan la contaminación por lixiviados de vertedero municipal, la determinación del impacto de los metales pesados en los mismos cuerpos de agua y la determinación del tratamiento químico más eficaz. El diseño de investigación fue por narrativa de tópicos y se realizó en función a las experiencias de diversos autores de publicaciones científicas. Se procesó información y se generaron premisas. Con respecto a los resultados se obtuvieron que como principales factores críticos está la calidad del residuo, condiciones climáticas, condiciones del entorno y las condiciones infraestructurales del vertedero. Siendo el último factor aquel de mayor importancia debido a sus impactos en las aguas subterráneas. Con respecto al efecto de los metales pesados en los acuíferos se encontró que la disminución de aminoácidos es uno de los efectos más importantes a considerar en la contaminación por lixiviados. Por último, referente a la determinación del tratamiento químico más eficaz se determinó que el tratamiento Fenton es el que muestra mayor porcentaje de tratamiento.

Palabras clave: lixiviados, acuíferos, residuos, impactos, vertederos.

ABSTRACT

The objective of the research work was to determine the environmental impacts generated by the incorporation of leachate from municipal landfills into groundwater. The specific objectives raised were; the determination of the critical factors that aggravate the contamination by leachate from municipal landfills, the determination of the impact of heavy metals in the same bodies of water and the determination of the most effective chemical treatment. The research design was by topic narrative and was carried out based on the experiences of various authors of scientific publications. Information was processed and premises were generated. Regarding the results, it was obtained that the main critical factors are the quality of the waste, climatic conditions, environmental conditions and the infrastructural conditions of the landfill. The last factor being the one of greatest importance due to its impacts on groundwater. Regarding the effect of heavy metals in aquifers, it was found that the decrease in amino acids is one of the most important effects to consider in contamination by leachates. Finally, regarding the determination of the most effective chemical treatment, it was determined that the Fenton treatment is the one that shows the highest percentage of remediation.

Keywords: leachates, aquifers, waste, impacts, landfills.

I. INTRODUCCIÓN

Las urbes en constante crecimiento y la inadecuada disposición final de residuos sólidos en las diferentes ciudades del mundo han provocado diversos impactos ambientales. Dentro de ellos se han encontrado a los lixiviados generados debido a diversos factores tales como la precipitación o la descomposición de estos residuos, provocando un proceso de percolación (Pliego A. et al, 2013); produciendo así esta sustancia tan contaminante para el medio ambiente y en especial para el suelo y agua subterránea.

Este problema se ha suscitado en todas las ciudades del mundo, específicamente en los países de escasos recursos económicos (Sánchez M., Cruz C. y Maldonado E., 2020). y es un tema que debería tratarse para evitar que ocurra lo sucedido en Cuba, el cual debido a un inadecuado manejo de lixiviados en la cuenca del Cuyaguaje (Schiettecatte et al., 2008) se erosionó su suelo de manera severa causando que se afecten a las diversas actividades económicas que se desarrollaron en los alrededores. Sin embargo, la república peruana no ha sido ajena a esta realidad.

El Perú se caracterizó por ser un país con una economía emergente insostenible según Menchero Sánchez (2020). Esto provocó que la inadecuada segregación de residuos sólidos fuera un problema latente en las principales ciudades del país y perjudique el equilibrio existente en los ecosistemas de los alrededores. Además, tomando en consideración las condiciones meteorológicas con las que cuenta cada lugar y centro de disposición final de residuos se aprecia un panorama que tiene en el centro, a la producción de lixiviados como una gran causa de contaminación de aguas subterráneas.

Esto se observó en el Perú, país en el cual aún se sigue utilizando los vertederos municipales para disponer y acumular todo tipo de residuos domésticos y comerciales, sin control alguno, provocando así la falta de control de lixiviados. Esta problemática ha sido muy importante, sin embargo se le resta importancia al justificarse la existencia de los vertederos como la única opción para poder disponer los residuos sólidos de manera adecuada.

Referente a lo mencionado los investigadores realizaron la siguiente pregunta de investigación **¿Cuál es el Impacto de la contaminación de aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos municipales?**, este problema de investigación tuvo como factor principal a las aguas contaminadas con los lixiviados de vertedero municipal, los cuales fueron evaluados independientemente del lugar de origen, considerando la composición y el daño que originan estos al medio ambiente, específicamente a las aguas subterráneas.

Existieron fuentes de información que investigaban y determinaban la composición de los lixiviados con la finalidad de plantear métodos más eficaces de tratar este contaminante. Sin embargo, han sido dejado de lado y debido a ello no se estudian sus impactos a profundidad. La investigación fue muy importante, ya que determinó más a detalle los impactos específicos que tienen estos lixiviados para el medio ambiente, para así poder contribuir con la comunidad científica en aportar soluciones específicas más innovadoras y de acorde a los impactos.

El principal objetivo de la investigación fue determinar los impactos de la contaminación de aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos municipales para lo cual se realizó una revisión sistemática de los principales avances científicos relacionados a dicha temática. Además, se tuvieron como objetivos específicos describir los factores críticos que contaminaron las aguas subterráneas a partir de la generación de los lixiviados en vertederos municipales, análisis del efecto de la presencia de metales pesados en aguas subterráneas causado por lixiviados de vertederos municipales y por último la determinación el tratamiento químico más eficaz en reducción de contaminantes en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios.

La evaluación de impactos causados por los lixiviados de vertederos municipales, según lo desarrollado en la investigación, fue negativo, debido a que la composición química del lixiviado y los materiales que arrastra al percolarse provocaron impactos significativos tales como la contaminación de las aguas subterráneas acelerando el proceso de eutrofización de las mismas, lo cual provocó la acidificación de los cuerpos de agua subterránea, afectando

directamente la potabilización de la misma, la presencia de la materia orgánica provocó que dichas aguas posean hedor putrefacto y afecten la calidad del agua.

II. MARCO TEÓRICO

El problema del contaminante (lixiviados) se viene observando en diversas partes del mundo y en diversas situaciones. Tal y como describe Canepa (et. al, 2008) en sus investigaciones realizadas en la ciudad de la Habana. Este expuso cómo es que el inadecuado manejo de residuos sólidos de la ciudad de la Habana provocó graves problemas ambientales tal y como se observó en la **figura 1**. Como principal medida de mitigación y manejo de lixiviados expone que estos deben ser captados por un sistema encargado de manejar especialmente estos líquidos y se utilice la coagulación para realizar tratamiento de estos contaminantes. Además de realizar el análisis de efectividad de diversos métodos de coagulación utilizando un método estadístico porcentual.

La teoría de formación de lixiviados fue aplicada de diversas maneras en la investigación ya que permitió contrastar la composición del lixiviado y los residuos de los cuales parte el mismo. Esta teoría es desarrollada por Canepa (et. al, 2008) en su investigación de impactos.

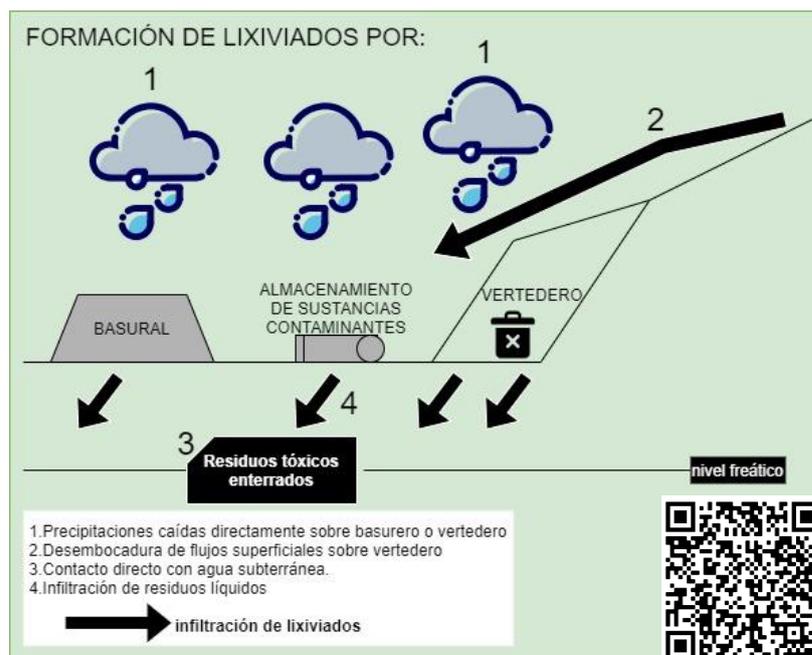


Figura 1. Formación de un lixiviado en un vertedero a causa de las precipitaciones y su camino a las aguas subterráneas. (Fuente: Autoría propia)

Para la presente investigación fue de vital importancia definir lo que se entiende por impacto negativo. Según Loustaunau (2014) define a impactos ambientales como una modificación que se realice al medio ambiente ya sea perjudicial o beneficiosa. Se consideraron impactos, aquellas modificaciones que traigan consecuencias negativas para las aguas subterráneas, es decir, las acciones que modifican al medio ambiente perjudicando los sistemas que dependen de ello. Una ejemplificación más acorde a la investigación es cuando en un bosque con alta concentración de vida silvestre tropical se realizan actividades antrópicas, modificando los sistemas existentes y alterando irremediablemente dicho ecosistema Thanh y Tam (1992). Tal y como se observa en la **figura 2** notándose que el ambiente natural original es un suelo sin ningún tipo de impacto y una vez que se emplaza un vertedero a cielo abierto, este genera impactos ambientales negativos al suelo y acuífero.

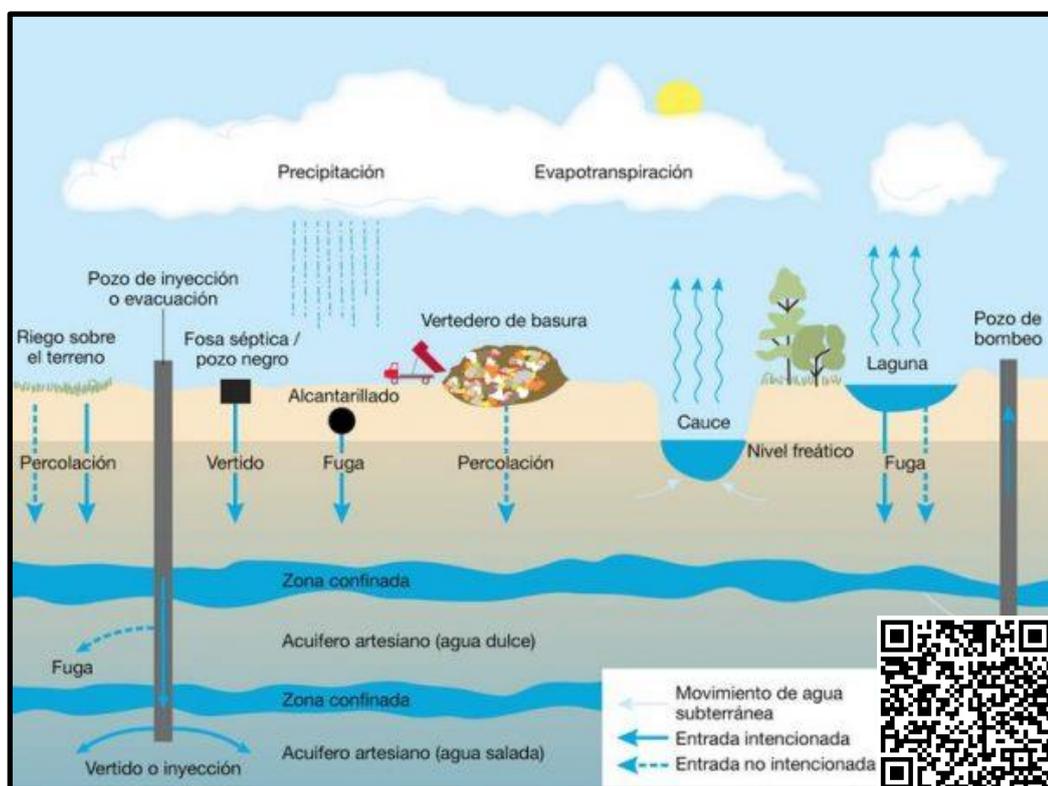


Figura 2. Representación esquemática de impactos ambientales generados por diversas causas intencionadas y no intencionadas. (Fuente: Autoría propia)

Para un adecuado desarrollo de la investigación se realizaron revisiones a diversas investigaciones tales como la de Gómez (2015) en su investigación

realizada en la ciudad de Nuevo León sobre la calidad del agua superficial y subterránea después de haber sido contaminada con lixiviados del vertedero municipal de Linares en la ciudad de México. Las pruebas se realizaron in-situ ya que en la investigación se recalca la importancia del trabajo de campo en esta investigación tanto por los muestreos como por las exigencias de los agentes colaboradores.

Las conclusiones a las que llegó Gómez y su equipo (2015) fue que el relleno sanitario de Linares contaba con graves deficiencias operativas, principalmente en el manejo de los residuos como en la disposición final de estos, generando en consecuencia percolación de lixiviados hacia las aguas subterráneas y esto conllevaba a que en las muestras de agua extraídas en los pozos de las partes bajas se encontraron valores de los parámetros por encima de lo permitido en la normativa mexicana. Teniendo como principal contaminante a los nitritos a modo de escorrentía los cuales al entrar en contacto con las aguas subterráneas contribuyen al proceso de eutrofización, en consecuencia los acuíferos son alterados y debido a ello se encontraron alteraciones principalmente en la composición química de los cuerpos de agua.

Tenemos a Pérez Cahuana R., (2017) en su investigación que consistió en determinar el impacto que produjo un plan de cierre en el vertedero municipal de San José - Andahuaylas. Culminando el estudio de componentes ambientales, se determinó que dentro de los muchos impactos que generaba el vertedero al medio ambiente, los principales impactos significativos encontrados, son los lixiviados los cuales provocan que el agua subterránea se vea seriamente afectada debido a sus parámetros físico químicos (nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, DQO, sólidos totales y volátiles) muy por encima de los ECAS de ese entonces. Además de brindarnos información sobre los parámetros físico químicos que posee el lixiviado de su localidad.

Además tenemos a Díaz (2019) en su investigación de evaluación de daños ambientales en el componente suelo causado por el vertedero municipal del distrito de San Pablo-Cajamarca en el año 2018. En la presente investigación

se evaluó la concentración de muchos metales pesados como plomo, cobre y Zinc. Utilizando el método de absorción atómica para la cuantificación de metales en las muestras de suelo. Donde se tuvo como resultados que dentro de los metales evaluados, el Plomo es aquel metal que tiene un valor por debajo de los valores establecidos en el ECA peruano y afectan contaminando las aguas subterráneas. El cadmio es el metal pesado que sobrepasó los límites establecidos por la normativa peruana en las muestras que los investigadores extrajeron, tal y como se muestra en la figura 2.



Figura 3. Observación de lixiviado encontrados en las zonas profundas del vertedero municipal de Laredo en el año 2019. (Fuente: Autoría propia)

Asimismo, tenemos a Carrasco Peralta, (2019) en su evaluación de los sedimentos y estabilización de lixiviado de vertedero en la ciudad de Nieva, provincia de Condorcanqui. Donde se obtuvo como resultado que el lixiviado en su mayoría contenía una gran cantidad de materia orgánica la cual genero sedimentos, los cuales, al ser analizados debidamente, se encontraron coliformes fecales y termo tolerantes.

Para la presente investigación fue esencial que se haya definido residuos sólidos, el cual según el D.S. - 1278 y su modificatoria el D.S.-1501 actualmente vigente, se define como algún objeto, material o elemento resultante del

proceso de ejecución o producción de algún proceso productivo y que no cuente con algún tipo de contaminación biológica puede ser acopiado o valorizando, otorgándole una segunda vida útil o un valor agregado en virtud de la adecuada gestión de residuos.

Como es bien sabido toda actividad humana produce residuos o excedentes, en todas sus actividades. Según Orozco y Tenorio, (2018) en la industria alimentaria la producción es mayor, ya que, una vez manufacturada la materia prima, esta deja residuos que no tienen valor y son llevados a una disposición final y al estar a la intemperie y por acción de la percolación se producen líquidos que contaminan a los acuíferos.

Entre los residuos clasificados por su origen encontramos a los domiciliarios que son aquellos que se generan en las diversas urbes peruanas. En su mayoría están conformados por botellas de plástico, papel higiénico, residuos orgánicos, restos de aseo personal y otros similares que cuenten con bajo nivel de riesgo biológico según el D.S.-1501. Además, encontramos los residuos de limpieza de espacios públicos que son generados debido al mantenimiento de los espacios públicos y por lo general son dispuestas por alguna empresa prestadora de servicios (EPS). En su clasificación por su naturaleza encontramos a los orgánicos e inorgánicos.

Los lixiviados se pueden distinguir según su edad, según diversos autores esta característica determina su toxicidad, está compuesto en su mayoría por concentraciones mayores a los descritos en la tabla 1 de contaminantes orgánicos e inorgánicos que afectan de manera directa a los ecosistemas y como tal tenemos al Estándar de calidad ambiental aprobado por el D.S.-004 - 2017. Considerándose como categoría de aguas subterráneas a la categoría A2; es decir aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y tienen fines de potabilización.

Tabla 1. Estándares de calidad ambiental en parámetros inorgánicos y orgánicos aplicados a aguas subterráneas

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	A2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
INORGÁNICOS		
Aluminio	mg/L	5
Antimonio	mg/L	0,02
Arsénico	mg/L	0,01
Bario	mg/L	1
Berilio	mg/L	0,04
Boro	mg/L	2,4
Cadmio	mg/L	0,005
Cobre	mg/L	2
Cromo Total	mg/L	0,05
Hierro	mg/L	1
Manganeso	mg/L	0,4
Mercurio	mg/L	0,002
Molibdeno	mg/L	**
Níquel	mg/L	**
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,04
Uranio	mg/L	0,02
Zinc	mg/L	5
ORGÁNICOS		
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,2
Trihalometanos	(e)	1,0
Bromoformo	mg/L	**
Cloroformo	mg/L	**
Dibromoclorometano	mg/L	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS		
Coliformes Totales	NMP/100 ml	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos)	N° Organismo/L	<5x10 ⁶

Fuente: DS 004 – 2017, MINAM

La disposición final de residuos al ser recopilados temporalmente hasta ser quemados en el vertedero municipal o almacenados allí permanentemente. Este cuenta con respaldo de la municipalidad, pero los impactos que generaron al ambiente son observables. Los desechos que se encuentran allí son originados por el mal manejo de los residuos sólidos, entre sé encontraron, plástico, cartón, residuos orgánicos, y desechos domésticos. Estos al encontrarse a la intemperie, sufren el desgaste de los factores externos,

generando lixiviados. El suelo que rodea el lugar en el que fueron almacenados los residuos, se encontró con vegetación y la municipalidad, no tienen ningún plan de mejora vigente, lo cual empeora el problema de contaminación de suelo a largo plazo. Sin embargo, en el Perú la ley 1278, título 18, artículo 104 dispone que el gobierno local está obligado a promover la segregación en la fuente. Sin embargo, esto no se realizó.

Al haber analizado los daños ambientales producidos por los lixiviados fue importante realizar una caracterización de parámetros fisicoquímicos. Tenemos a los siguientes parámetros fisicoquímicos que se dan como validados al poseer los criterios de repetibilidad y coherencia en su investigación:

Tabla 2. *Parámetros fisicoquímicos de un lixiviado*

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Potencial de Hidrógeno (pH)	escalar	6.48
Turbidez (T)	NTU	-
Alcalinidad (A)	ppm	1896.14
Sólidos Totales (ST)	mg L ⁻¹	6650.19
Sólidos totales volátiles (STV)	mg L ⁻¹	3533.99
Sólidos suspendidos(SST)	mg L ⁻¹	322.83
Sólidos suspendidos (Ss)	mg L ⁻¹	0.16
Amoníaco (N-NH ₃)	ppm	115.66
Nitritos (NO ₂ -)	ppm	51.00
Fósforo (P)	ppm	7.73
Cloruro (C)	ppm	3143.4
Conductividad eléctrica (CE)	mS*cm ⁻¹	8.10
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg L ⁻¹	10015.9
Fierro (Fe)	ppm	19.71

Fuente: Naves, L.C., p. 956,2018

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación a desarrollarse fue de tipo básica de enfoque cualitativo. Esta investigación también es llamada “investigación de experiencia” ya que como muchos actores defienden, cuantifica los diversos fenómenos que ocurren en la naturaleza del mundo que nos rodea y los sintetiza en una teoría para que posteriormente sea refutada, según Baena, Ayala y Benites, (2017, p. 730).

El diseño de investigación optado para la presente investigación fue narrativa de tópicos porque recoge todas las experiencias vividas por diversos científicos y los debatirá, pero centrándose en un único tema y excluyendo a los demás (Salgado, 2007, p. 176). Para un mejor entendimiento del diseño a seguir en base a estructuras ya investigadas los investigadores abordaron otras acciones con el fin de realizar la investigación lo más exitosa posible tal y como se observa en la figura 4.

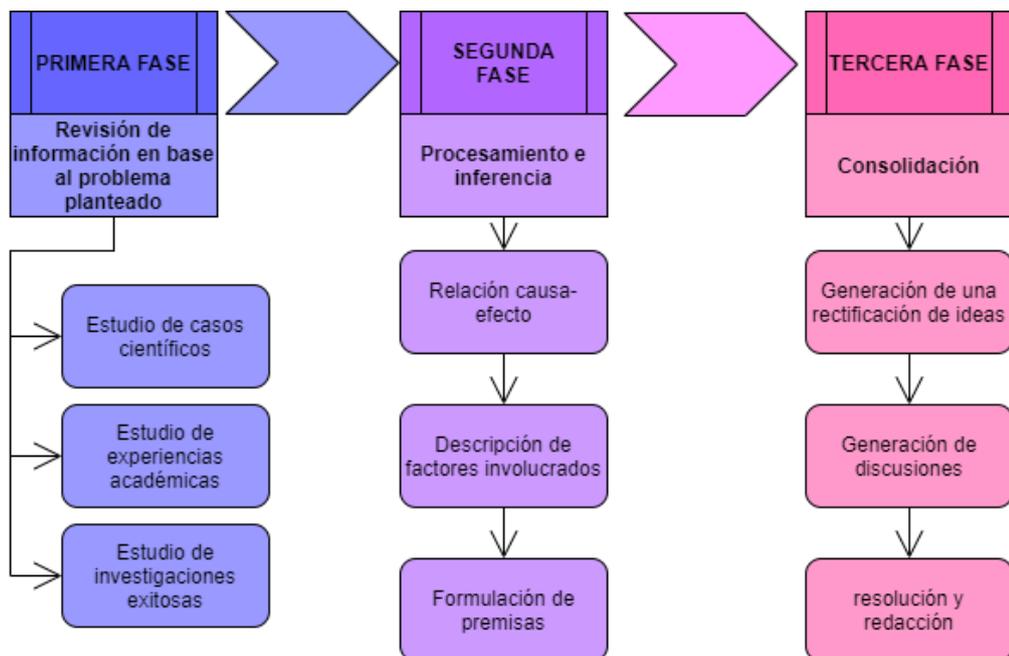


Figura 4. Esquematación de las principales fases a realizar como parte del diseño de investigación científica en la presente investigación. (Fuente: Autoría propia)

Como primer paso, se destacó la revisión de información que se realizó en base a casos científicos, experiencias académicas e investigaciones exitosas en la temática abordada. En la segunda fase se realizó el procesamiento e inferencia de información faltante (en algunos casos), esto se cumplió siguiendo el criterio de los investigadores y la relación causa efecto de los principales fenómenos observados en las investigaciones, luego se describió los factores involucrados y por último se formularon las premisas. Por último se consolidó la información generando rectificaciones y correcciones por parte de los investigadores, siguiendo con la generación de discusiones considerando que no existe una verdad absoluta, culminando con la resolución de dudas y redacción de resultados encontrados en base a las experiencias científicas.

Cabe recalcar que la presente investigación se realizó siguiendo como temática los daños que generan los lixiviados a las aguas subterráneas, razón por la cual, para complementar el diseño de investigación mencionado anteriormente se empleó un modelo apriorístico para realizar la selección de categorías, subcategorías y criterios de exclusión de la investigación.

3.2. Categoría, Subcategorías y matriz de categorización

La información de categoría y subcategoría apriorística, como es bien desarrollada en algunas investigaciones se realizó antes de la recopilación de información y sirve como organizador de las principales acciones realizadas y tubo como finalidad, el relacionar los objetivos con los criterios de búsqueda y establecer las normas de juego para garantizar que la investigación se realice de la mejor forma posible. Se muestra a continuación la matriz apriorística en la cual se recopilaron los principales términos a usar y sus criterios de inclusión y exclusión como se observa en el **anexo 1**.

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio tuvo un enfoque en todos los lugares en los cuales se ha recogido la información de la composición de los lixiviados. Además, se tuvo como lugares de estudio o lugares de recopilación de datos ambientales a los lugares en los que se midieron los parámetros ambientales del impacto de los lixiviados. Considerándose como escenario de recopilación de información las Américas, Asia, Norteamérica y Sudamérica.

3.4. Participantes

Los actores en su calidad de participantes fue la población total de un determinado lugar, espacio y tiempo. Determinados por el grupo de personas que ha participado en la elaboración y en la recopilación de la información de los artículos de investigación consultados de las bases de datos como “SCOPUS”, “SCIENCEDIRECT”, “REDALYC”, entre otras.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos para la investigación se definieron como una parte muy valiosa de nuestra investigación ya que se trabajó con mucha información recopilada en una base de datos, determinando la naturaleza del proyecto, estos datos fueron indispensables para la formulación de nuevas teorías y consecuentemente resultados.

La técnica de recolección de información que se ha utilizado para la presente revisión sistemática fue el análisis documental de publicaciones científicas indexadas. Además, de haberse realizado un análisis profundo de causa y efecto. Los instrumentos de recolección de información que se han utilizado fueron, la matriz de entrada múltiple y las fichas resumen.

En primera instancia se realizó la elaboración de una matriz de entrada múltiple que tuvo como encabezados el código que se le asignó a cada uno de los documentos o fuentes de información, los autores de las investigaciones consultadas, el título de la investigación, datos de la revista o fuente de publicación, los objetivos de la investigación y por último los criterios de aceptación del producto científico detallándose en el **anexo 2**.

En segundo lugar, se realizó la recopilación de información usando fichas de recojo de datos, el formato detallado en el **anexo 3**.

La presente técnica cumplió con el análisis documental de artículos de investigación de fuentes indexadas, haciendo cumplimiento de los criterios de exclusión e inclusión ya descritos con anterioridad.

3.6. Procedimiento

El procedimiento de recopilación de información se realizó siguiendo los pasos que se consignan en la tabla 3. Considerándose como actividades preliminares el establecimiento de criterios de exclusión e inclusión y los respectivos términos a usar para la búsqueda de información.

En primer lugar se realizó una delimitación de la temática y se determinó los criterios de inclusión y exclusión, utilizando la misma ficha para el recojo de la información. En segundo lugar se realizó la búsqueda de la información siguiendo los criterios y la terminología aprobada. En una tercera fase se seleccionó la información utilizando tres filtros para evitar problemas en la veracidad de la información teniendo como criterios el idioma y la edad de la investigación. Por último se realizó el análisis y procesamiento de la información en el documento respectivo y su discusión tal y como se muestra en la figura 5.

En cumplimiento del procedimiento presentado se realizó una matriz de categorización apriorística que sirvió para determinar qué temáticas se desarrollaron en el transcurso de la investigación. Se realizó la clasificación de las preguntas específicas en base a la pregunta general y se formularon en base a ellas los objetivos específicos. Por último, se consideró también los criterios de inclusión y exclusión utilizados en el proceso de búsqueda y sistematización de información, observándose en el **anexo 1** el resultado de dicha producción.

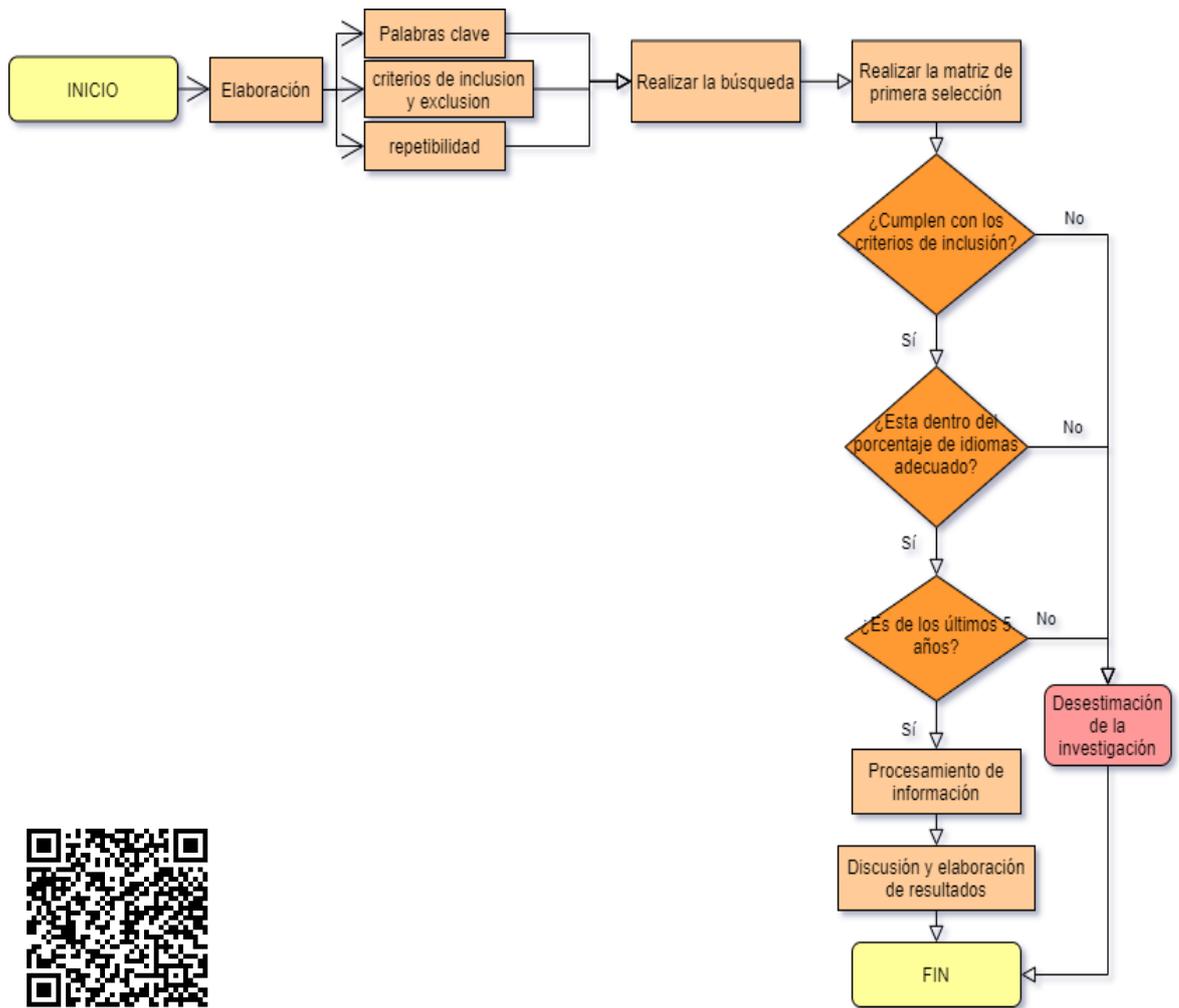


Figura 5. Diagrama de flujo del procedimiento. (Fuente: Autoría propia)

Tabla 3. Proceso de revisión sistemática y Procedimientos propuestos

PROCESO DE REVISIÓN SISTEMÁTICA Y PROCEDIMIENTO							
PALABRAS CLAVES	"leached", "lixiviados", "vertedero", "daños ambientales de vertedero", tratamiento de lixiviados", "aguas subterránea"						
PLATAFORMA DE BÚSQUEDA	Redalyc	Sciencedirect	Scielo	SCOPUS	Google Académico	Repositorios universitarios	-
PRIMERA FASE							
Delimitación de la temática y determinación de criterios de inclusión y exclusión							
Criterios de inclusión:	Criterios establecidos por la normativa , Temática en impacto de aguas subterráneas, publicaciones ambientales, relación con aguas superficiales que alimentan acuíferos, entre otras.			Criterios de exclusión:	Temática de impactos de suelo y aire, criterios de exclusión determinados por la normativa de productos observables, productos con ausencia de metodología, temática de aguas subterráneas no naturales, productos con ausencia de repetibilidad, publicaciones sin datos de editor.		
SEGUNDA FASE							
Búsqueda de la información de la plataforma de búsqueda. TOTAL DE ARTÍCULOS DESCARGADOS (En números): 152							
Redalyc:(2)	Sciencedirect:(39)	Scielo:(15)	SCOPUS:(26)	Google Académico: (30)	Repositorios universitarios:(40)	TOTAL	152
TERCERO FASE							
SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN							
PRIMER FILTRO							
SELECCIÓN DE DOCUMENTOS POR IDIOMA				IDIOMAS SELECCIONADOS: INGLÉS (19)- ESPAÑOL (34)- PORTUGEZ (1)			
SEGUNDO FILTRO							
SELECCIÓN DE DOCUMENTOS POR FECHA						AÑOS:2016-2021 (3) OTROS AÑOS: >2016: (59)	
CUARTA FASE							
ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN							

Fuente: Elaboración propia del autor

3.7. Rigor científico

La presente investigación recogió datos de diversas fuentes tomando como principales criterios de selección y de prueba de fiabilidad la repetibilidad de los procedimientos utilizados para la determinación de los daños ambientales. Además, se tomaron en cuenta los márgenes de error tanto estadístico como instrumental del procedimiento usado para recoger datos.

3.8. Método de análisis de datos

El método optado para realizar el análisis de la información fue la utilización del muestreo teórico y las fichas de recojo de información con el formato brindado por Schettini P. y Cortazzo I., (2007). Además, para el manejo de la información se utilizó una base de datos en la cual se desarrolló todo el resumen y sintetización de la información obtenida. Se codificó y se nombró el artículo como un producto de investigación para el fácil acceso a la información.

Después de realizada la sintetización se procedió a realizar una interpretación de los cuadros y se contrastará la información entre diversos autores. Con la finalidad de influir y generar nuevos conocimientos a partir de los ya existentes.

3.9. Aspectos éticos

La investigación se realizó siguiendo las pautas establecidas por el asesor y cumpliendo los principales criterios dados por la guía de productos observables 2020 y respetando la norma ISO-690. Se consideró:

- Todo artículo usado para la elaboración del producto final contará con el aval de una revista de renombre y con un porcentaje del 40% de artículos en inglés.
- Los datos son verídicos y contaron con el fundamento impuesto por la investigación. (Sánchez, 2019)
- Toda fuente de información fue citada y documentada según las normas de citación establecidas. (Sánchez, 2019)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizada la búsqueda en las bases de datos SCOPUS, Redalyc, Science Direct, Scielo y en Google académico y el repositorio universitario interno y externo se dio como resultado una cantidad de 4850 documentos disponibles para realizar la sistematización. Sin embargo, solo 68 cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión detallados en el procedimiento ya presentado.

Según se detalla en la matriz apriorística se realizó la búsqueda y selección de información siguiendo los criterios establecidos en el **anexo 1**.

En lo que respecta al análisis de las publicaciones científicas se obtuvo la siguiente matriz con la clasificación según la temática que aborda:

Tabla 4. Cuadro de clasificación de publicaciones científicas según importancia temática.

AUTORES	FC	MPAS	TQ	LLAS
Abimbola [et. al.] (2020)	X			
Abiriga, Vestgarden y Klempe (2020)		X	X	
Abiriga, Vestgarden y Klempe (2021)			X	
Álvares (2019)				X
Alvaro (2019)				X
Arroyo (2018)				X
Balcazar [et. al.] (2020)				X
Basberg, Banks y Sæther (1998)			X	
Bernal (2019)				X
Bjerg et al. (1995)			X	
Carranza (2019)				X
Chinnam, Ujaczki y O'Donoghue (2020)		X		
Cohelo (2018)	X			
Cristancho et. al. (2019)				X
Dusing, Bishop y Keener (1992)			X	
Gallardo y Pichén (2019)				X
Gonzales (2018)				X
Hernandez (2019)				X
Iván et al. (2019)			X	

<i>Kepelewska [et. al.] (2019)</i>	X			
<i>Liu [et. al.] (2019)</i>	X			
<i>López [et. al.] (2020)</i>				X
<i>Maurad (2019)</i>				X
<i>Meirong [et. al.] (2020)</i>	X			
<i>Mendoza-Cano [et. al.] (2017)</i>		X		
<i>Montoya y Trujillo (2019)</i>				X
<i>Morell y Renau (2019)</i>				X
<i>Mostola [et. al.] (2021)</i>	X			
<i>Namil (2018)</i>	X			
<i>Netzahuatl y Rodríguez (2020)</i>				X
<i>Ozorio (2018)</i>				X
<i>Paez (2020)</i>				X
<i>Puma (2019)</i>				X
<i>Reynoso [et. al.] (2020)</i>				X
<i>Rojas (2019)</i>				X
<i>Rueda et. al. (2020)</i>				X
<i>Rueda et. al.(2020)</i>				X
<i>Sánchez y Valdéz (2021)</i>				X
<i>Sánchez-Muñoz, Cruz-Cerón y Maldonado-Espinel (2020)</i>		X		
<i>Schneider (2019)</i>				X
<i>Silva y Vidal (2019)</i>				X
<i>Ticona y Apaza (2020)</i>				X
<i>Valderrama, Montero del Águila y Cruz Pio (2016)</i>			X	
<i>Vargas (2020)</i>				X
<i>Wang et. al. (2021)</i>	X			
<i>Xiao [et. al.] (2016)</i>	X			
<i>Yang et. al. (2021)</i>	X			
<i>Zafra-Mejía y Romero-Torres (2019)</i>			X	
<i>Zanelato [et. al.] (2019)</i>				X
<i>Zeng et. al. (2021)</i>	X			
<i>Zhang y Lin (2020)</i>			X	

LEYENDA

- FC : Factores críticos
- MPAS: Metales pesados en aguas subterráneas
- TQ : Tratamientos químicos
- ILAS : Impactos de lixiviados en aguas subterráneas

FUENTE: Autoría propia

Verificando el cumplimiento de los criterios de calidad planteados en el transcurso de la investigación se generaron los siguientes gráficos para la comprobación de los criterios de cumplimientos en lo que respecta a la naturaleza de la publicación científica, observando los resultados en la figura 6.

Recuento de ¿Qué producto es?

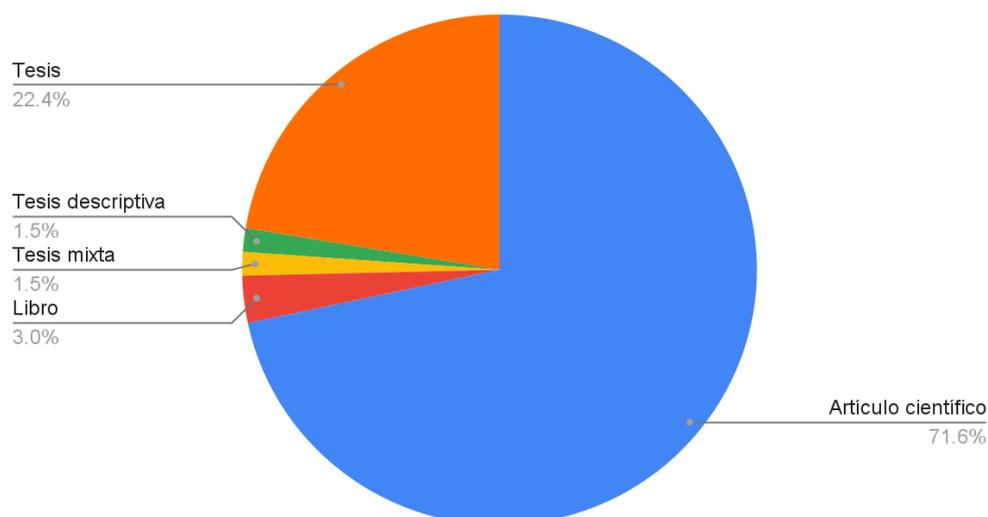


Figura 6. Gráfico de porcentaje del tipo de publicación científica.

FUENTE: Autoría propia.

Después de realizado el proceso de primer y segundo filtro de información se obtuvo que de todos los productos científicos revisados. En su mayoría se utilizaron artículos científicos lo cual atribuye y hace cumplir el criterio de calidad a la presente investigación al utilizarse más de un 70 % de los artículos revisados. Sin embargo, también se tiene a un considerable número de tesis utilizadas para la formulación de resultados en esta investigación. Las mencionadas tesis fueron utilizadas para proporcionar información más detallada referente a alguna realidad en específico y se revisaron para realizar

el seguimiento a los impactos ambientales negativos que son producidos por los lixiviados a las aguas subterráneas.

Con respecto al idioma de las publicaciones científicas se obtuvo la figura 7.

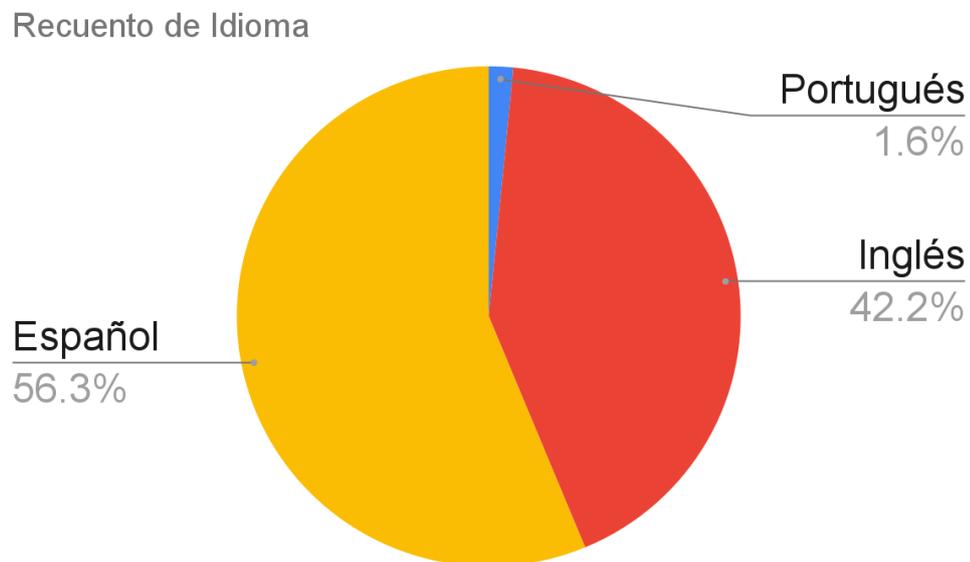


Figura 7. Porcentajes del idioma de las publicaciones científicas sistematizadas.

FUENTE: Autoría propia.

En el proceso de revisión de literatura se realizó la consulta de diversas fuentes que describen diversas realidades tal y como se explicó en el escenario y población. Las fuentes de información y data para realizar la sistematización de información serán estudios realizados en las Américas y en otros puntos de habla inglesa (norteamericana) y China. En base a esto se obtuvo que las fuentes consultadas exceden el 40 % de fuentes de idioma distinto a la española. Cumpliendo así el criterio de lingüística y garantizando los estándares requeridos para la investigación.

Con respecto al desarrollo de los objetivos y para realizar un adecuado desarrollo de los mismos se nombraron objetivos uno por uno y luego se describieron y desarrollaron. Finalizando con la discusión de datos más resaltantes y formulando ideas en base a las mismas.

En cumplimiento del principal objetivo se realizó un análisis por cuadro comparativo con la finalidad de realizar la determinación de los principales impactos que genera la contaminación por lixiviado a las aguas subterráneas. Para una adecuada contemplación de los diversos usos que se le brinda a las aguas subterráneas y en relación con la investigación se resolvió realizar la clasificación de impactos según el uso del agua subterránea a la cual impacta.

Esta clasificación se generó en virtud de lo observado en las investigaciones y los diversos enfoques que los investigadores realizan. Observando la **(tabla 5)** en lo que respecta al presente objetivo.

Tabla 5. Resumen de los impactos determinados en base a la revisión sistemática de investigaciones

CLASIFICACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	IMPACTO
<p>AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Problemas de salud relacionados al sistema nervioso central, sistema gastrointestinal y probabilidad de cáncer para los consumidores. ● Infecciones microbiológicas. ● enfermedad e intoxicación. ● Alta probabilidad de cáncer al estómago. ● Problema de oxigenación sanguínea. ● Alteración del calcio intracelular y daño al ADN humano. ● Enfermedades estomacales.
<p>AGUA SUBTERRÁNEA UTILIZADO PARA LA ACTIVIDADES PRODUCTIVAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Alteración de la calidad del suelo y sus componentes. ● Alteración de parámetros de calidad de aguas subterráneas. ● generación de vectores y mal aspecto a los negocios. ● contaminación de alimentos por dispersión de gases. ● Al penetrar altera la calidad del suelo y de sus componentes (agua freática) alterando sus índices de productividad. ● Impacto en la productividad de cultivos. ● Bioacumulación de metales pesados en vegetales. ● Daños a otras fuentes de agua superficial o subterránea (alta concentración de carga infecciosa)
<p>AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA NATURAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Impacto a la calidad de ecosistemas y daño a la flora y fauna. ● Disminución de oxígeno disuelto (OD) en las fuentes hídricas y consecuente muerte acuática. ● Componente mutagénico para el desarrollo de todo ser vivo. ● Emisión de gases de efecto invernadero. ● Alteración de los ciclos geoquímicos del ecosistema. ● Desertificación de los suelos. ● Eutrofización de fuentes acuáticas y mal hedor. ● Proliferación de especies nocivas.

Fuente: Autoría Propia

Como se observó en la **(tabla 5)**, dentro de los diferentes impactos procesados en las diversas fuentes de investigación destacaron grandes cantidades de impactos relacionados al uso de los acuíferos para las actividades productivas y la conservación del ecosistema natural. Estos impactos mencionados son los que más se repiten en las investigaciones procesadas.

Desde la perspectiva de los investigadores se resolvió que esto se debe a que en las regiones de desarrollo de las investigaciones y publicaciones enfocan todos los esfuerzos de análisis y reconocimiento de impactos ambientales negativos al sector más “productivo” o con mucho más ingresos. Esto contrasta con los impactos reconocidos en el sector poblacional. La presente realidad se suscita debido a diversos motivos, destacando los siguientes:

- Por desconocimiento e incompetencia de las autoridades locales y regionales en temática ambiental.
- Falencias en instrumentos de recolección de datos
- Orientación de los “esfuerzos ambientales” en el sector más visible y con menor capacidad de inversión.
- Ausencia de la aplicación de la metodología científica en la vida cotidiana de los investigadores estudiados.
- Falta de impulso por parte de los gobernadores y organismos de fiscalización ambiental para formar alianzas que contribuyan a la mejora de calidad de vida poblacional.

Esta realidad no solo se ha observado en la república peruana. Se encontró que en países de escasos recursos económicos (Taiwán, India y regiones pobres de Japón) (Londoño et. al., 2016); no se vigilan los principales servicios básicos de abastecimiento (agua subterránea utilizada para el consumo humano).

Lamentablemente, las únicas veces en las cuales se ha tomado consideración respecto a la cuantificación de contaminantes en fuentes de agua subterránea fueron en diversos casos de intoxicación **(tabla 6)**.

Tabla 6. Casos de intoxicación por metales pesados a nivel mundial

AÑO	SITIO	CASO	DAÑO PRODUCIDO	HERIDOS
1960	Tailandia, India, Bangladesh, Taiwán	Uso de aguas subterráneas contaminados con altas concentraciones de Arsénico (As)	Enfermedades e intoxicación y daño a largo plazo a las personas	>70 millones
1960	Bahía Minamata, Japón	Peces contaminados con mercurio	-	>10 000
1945	Japón	Intoxicación masiva por el uso de aguas contaminadas para el sembrío de arroz	-	7 000

Fuente: Londoño - franco et. al., 2016

Para la determinación de los impactos de la contaminación de aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos municipales se tiene que iniciar detallando algunos impactos ambientales generados en aguas subterráneas utilizadas para el consumo humano. Teniendo entre los diferentes impactos daños a la salud de los consumidores y afectación sistémica a su biología (**tabla 7**).

Teniendo en cuenta el análisis del efecto de la presencia de metales pesados en aguas subterráneas causado por lixiviados de vertederos municipales; se observó que Kulikowska y Klimiuk, (2008) encontró presencia de metales pesados tales como Zinc (Zn), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Mercurio (Hg) y Arsénico (As) en los monitoreos que los investigadores realizaron cada meses en los vertederos de su estudio.

Tabla 7. Clasificación detallada de los impactos que genera el lixiviado al agua subterránea para consumo humano

CLASIFICACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	AUTORES	COMPONENTE ESPECÍFICO DEL LIXIVIADO	IMPACTO QUE GENERA
AGUA SUBTERRÁNEA PARA CONSUMO HUMANO	<i>Montoya y Trujillo (2019), p. 31</i>	Cloroformo, Etileno, Dicloroetileno, Metil Benceno, etilbenceno, metileno, Tetracloroetileno, Tolueno, Tricloroetileno, Xileno y Cloruro de vinilo.	Problemas de salud relacionados al sistema nervioso central, problemas gastrointestinales y probabilidad de cáncer.
	<i>Paez (2020), p. 74; Arroyo (2018), p. 47; Maurad (2019), p. 55</i>	Compuestos orgánicos del lixiviado.	Infecciones de origen microbiológico.
	<i>Paez (2020), p. 84; Rueda et. al.(2020), p. 14; Zanelato et. al. (2019), p. 1092</i>	Fosfato, Hierro, Manganeso, Mercurio, y Plomo	Genera enfermedades e intoxicación.
	<i>Netzahuatl y Rodríguez (2020)</i>	triclosan (TCS)	Genera alta probabilidad de cáncer al estómago
	<i>Zanelato et. al. (2019), p. 1092</i>	nitrógeno (nitrito)	Produce metahemoglobina y provoca que el cuerpo no reciba oxígeno
	<i>Bernal (2019), p. 33</i>	Organismos patógenos	Provoca enfermedades y demás
	<i>Gonzales (2018), p. 62</i>	níquel	Cambio de los niveles de calcio intracelular y daño en el ADN de las personas.
	<i>Sánchez y Valdéz (2021), p. 25;</i>	todo el lixiviado	Enfermedades estomacales, observando la tabla 9.

FUENTE: Autoría propia

Los resultados observados en la tabla 7 denotan como causante del impacto ambiental más frecuente se encuentra el Fosfato, Hierro, Manganeso, Mercurio, y Plomo. Los investigadores infieren que estos contaminantes están relacionados con la alta toxicidad de los lixiviados y consideran que el impacto que provocan es intoxicación a los consumidores. Otro aspecto muy importante a tomar en cuenta es la ausencia de control de impactos ambientales que se

evidencia en los vertederos municipales, resultando esto en daños ambientales provocados por contaminantes tal y como lo evidencia Paez (2020). Este investigador tuvo como principal contaminante los fosfatos. Este contaminante sobrepasó el límite máximo permisible en los acuíferos cercanos a los vertederos municipales colombianos. El estándar fosfato fue superado al encontrarse concentraciones promedio de 0.575 mg/L de fosfato.

Siguiendo con la investigación de Paez (2020), al analizar los puntos de muestreos tomados por el investigador se observó que el mismo consideró la zona central del lugar de investigación para muestrear. Este lugar de muestreo no hubiese presentado problemas siempre y cuando no tenga varias industrias que podrían afectar la detección del contaminante “fosfato”. Observándose en la figura 7 un mapa de la zona de estudio. En este mismo mapa se observa dos subzonas en paralelo a la zona de muestreo, la subzona A y la subzona C. En la subzona A se desarrollan actividades agropecuarias y en la subzona C se encuentra ubicado el relleno sanitario. Considerando la ubicación geográfica y las actividades económicas que se desarrollan en la misma se concluyó en que existe una contaminación por altas concentraciones de fosfatos con origen difuso, ya que no se le puede atribuir como principal causante al relleno sanitario, sino podría verse influenciado por las actividades agropecuarias que se desarrollan en la subzona A tal y como se evidencia en la figura 8.

Considerando lo expuesto por Gómez (2015) en su teoría de la importancia del adecuado muestreo científico se llegó a inferir que la ausencia de una metodología es lo que provoca tal error en la investigación de Páez (2020). Asimismo de rojo se observa todo el acuífero en su totalidad y en el círculo amarillo se observan los puntos de muestreo utilizados para la investigación de Páez (2020).

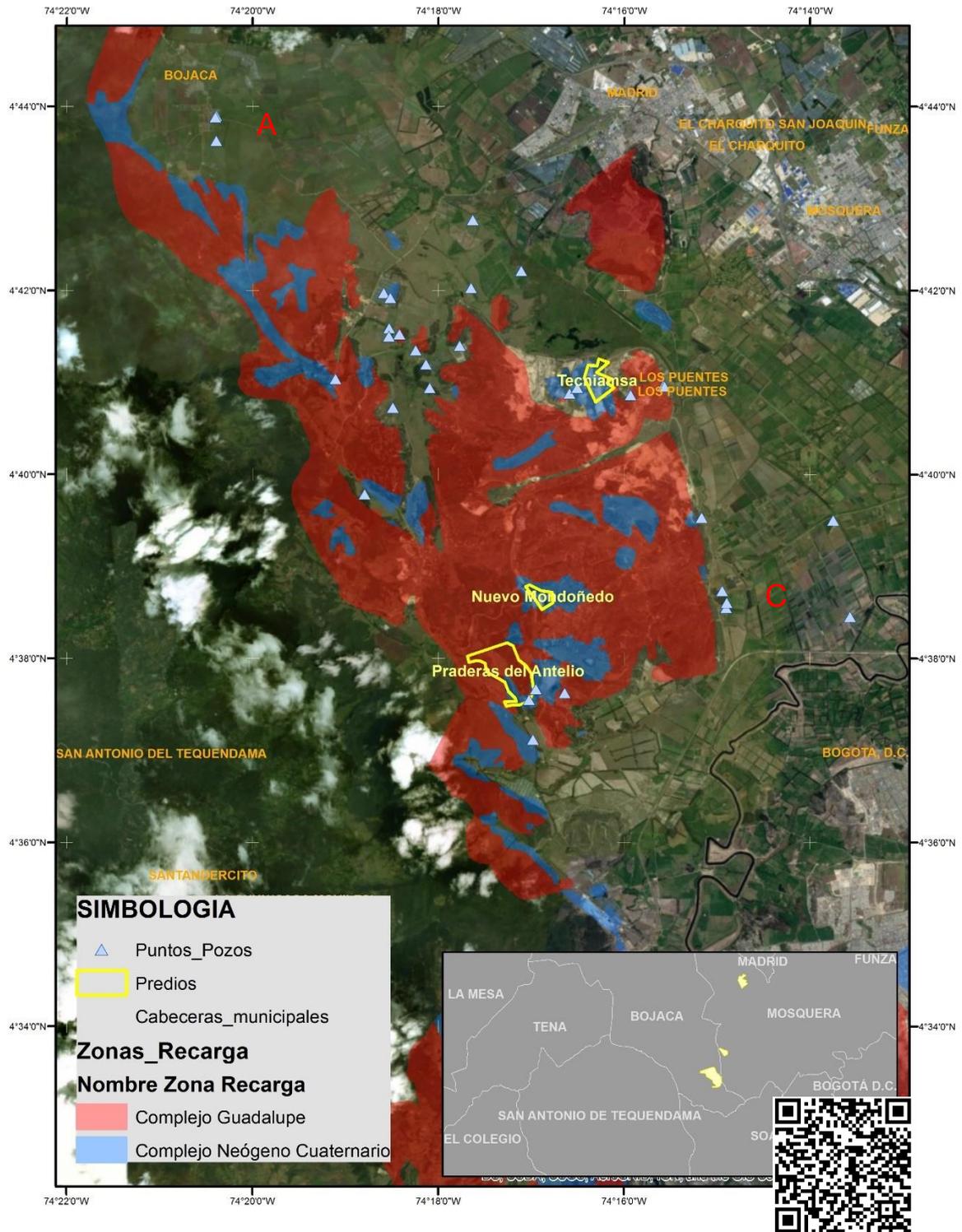


Figura 8. Zona de investigación de Páez - 2020 con rojo se observa el acuífero en su totalidad, en amarillo se encuentra la zona de muestreo. (Fuente: Autoría propia)

A criterio personal los investigadores determinaron que la ausencia de metodología especializada es un tema muy notorio en la investigación de Páez (2020). Esto podría traer consecuencias graves para la determinación y lectura de las muestras de agua.

En lo concerniente al Hierro (Fe) se encontró que Páez (2020) determinó valores de 4.66 mg (Fe)/L en sus pozos muestreados. Rueda [et. al.] (2020) en su investigación relacionada a la producción de lixiviados afirmó que los residuos que categorizó contenían altas cantidades de Hierro, aproximando un valor promedio de 414.5 Kg/ día de Hierro (Fe). Por último, tenemos a Zanelato (2019) que en su investigación determinó que en sus puntos de muestreo encontró una cantidad de 2.81 mg (Fe)/L. En el análisis del contaminante Hierro (Fe) en estos trabajos existen dos disyuntivas; en primer lugar, Rueda y equipo, (2020), no consideran una cantidad exacta de lixiviado generado, argumentando que la naturaleza de la investigación es meramente descriptiva, pero con el simple hecho de encontrarse grandes cantidades de Hierro (Fe) en las categorizaciones se evidencia la presencia del contaminante en la fuente y aplicando la teoría de formación de lixiviados tal y como lo evidencia Canepa (et. al, 2008) se analizó y determinó que sí se forman lixiviados de Hierro (Fe) y que debido a falencias logísticas dicho investigador no realizó las pruebas pertinentes.

En segundo lugar, se evidenciaron las diferentes concentraciones que Páez Y Zanelato reportan (4.66 mg (Fe)/L y 2.81 mg (Fe)/L respectivamente). Los investigadores resolvieron atribuirle la variación a las diversas actividades que se realizaban en cada uno de los lugares de estudio, ya que Páez presentó una gran cantidad de actividades productivas relacionados a la explotación de metales lo cual fundamenta que su vertedero y contaminantes tengan mayor concentración de Hierro.

Este tipo de metales afectó directamente la salud de las personas presentando, entre otros efectos, la bioacumulación de los mismos en los cuerpos de las personas y provocando daños a largo plazo. Entre los efectos más resaltantes se encuentran el envenenamiento por metales pesados y la bioacumulación de estos en seres vivos (plantas) y posterior incorporación en la cadena trófica tal y como se observó en la figura 9.



Figura 9. Ejemplo de incorporación de metales pesados en la cadena trófica
FUENTE: Pérez (2018)

En lo que respecta a las aguas subterráneas utilizadas para actividades productivas se encontró que, según la tabla 8, ningún científico concordó en que exista algún impacto que se repita. Esto se debe a que los mismos analizaron los lixiviados y su efecto en la producción de manera específica. Otorgándoles resultados más detallados con respecto a impactos en la productividad de cada una de las empresas.

Por motivos de estandarización los investigadores resolvieron hacer consideración del impacto de la actividad productiva sin especificar qué procesos se realizan en dicha investigación y considerado como impacto a actividades productivas en general, desestimando toda actividad productiva clasificada según tipo de rubro o tipos de insumos utilizados.

Tabla 8. Clasificación detallada de los impactos que genera el lixiviado al agua subterránea utilizada para las actividades productivas.

CLASIFICACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	AUTORES	COMPONENTE ESPECÍFICO DEL LIXIVIADO	IMPACTO NEGATIVO QUE GENERA
AGUAS SUBTERRÁNEA UTILIZADAS PARA ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	<i>Silva y Vidal (2019), p. 12</i>	todo el lixiviado	Al penetrar altera la calidad del suelo y de sus componentes (agua freática) alterando sus índices de productividad.
	<i>Puma (2019), p. 11</i>	todo el lixiviado	Generan impactos relacionados a la economía de los pobladores de alguna fuente superficial que reciba el agua freática.
	<i>Ozorio (2018), p. 28</i>	todo el lixiviado	Generación de vectores y disminución de ingresos en negocios.
	<i>Vargas (2020), p. 67</i>	todo el lixiviado	Contaminación a alimentos producto de la dispersión de gases contaminantes
	<i>Sanchez y Valdez (2021), p. 24</i>	pH superior a 9	afecta la productividad de los cultivos
	<i>Alvaro (2019), p.25</i>	mercurio	Produce bio acumulación de metales pesados en los vegetales
	<i>Hernández (2019), p.38</i>	coliformes termo tolerantes	infecciones e intoxicaciones a las personas que lo consuman en alguna actividad alimentaria y elevados costes de pretratamiento.

FUENTE: Autoría propia

Como se evidenció en la tabla 8 varios investigadores coinciden en que el lixiviado en su totalidad afecta a la normal realización de alguna actividad productiva. Silva y Vidal (2019) en su investigación consideró que el lixiviado al penetrar alteró totalmente la calidad del suelo haciéndolo notablemente menos productivo. Esta idea es reforzada por Mir et. al. (2020) en la cual dice que los lixiviados de residuos sólidos (especialmente las de hojarasca y demás materia orgánica) pueden ser utilizadas para enriquecer un suelo pobre siempre y cuando se realice seguimiento del mismo y se produzca una estabilización de parámetros fisicoquímicos altos tales como el pH o las sales. Los

investigadores consideran que un método eficaz de tratar los lixiviados y darles una “segunda vida útil” fue la implementación de un plan de tratamiento de lixiviados con alta carga de carbono y nitrógeno para el uso del mismo como un fertilizante natural en un medio aislado.

Puma (2019) consideró que uno de los principales efectos que tienen los lixiviados en la sociedad es que afectó directamente las ventas y productividad de tiendas que se dedicaron a realizar alguna actividad productiva cercana al área de contaminación por lixiviados. Esta idea fue reforzada por uno de los aportes de Ozorio (2018) consistiendo en que el impacto del lixiviado en la proliferación de vectores y animales nocivos originó un mal aspecto a los negocios, y en un mediano plazo la disminución de las ventas.

Considerando lo antes expuesto los investigadores consideraron que el problema de proliferación de vectores y fauna nociva va mucho más allá de una cuestión de aspecto. Este problema tiene implicancias directas con la salud pública de las personas ya que los mismos vectores que se proliferan tienen una alta probabilidad de provocar enfermedades gastrointestinales (cólera, diarrea y enfermedades gastrointestinales); sumado este factor a la deficiente infraestructura de los centros de salud se genera un círculo vicioso en el que tiene como principal afectado a la población e industria tal y como lo evidencia la tabla 9.

Tabla 9. *Enfermedades gastrointestinales causadas por contaminación por lixiviados de residuos sólidos.*

PELIGROS	DAÑOS A LA SALUD	RIESGOS CORROBORADOS
Malaria	Fiebre continua, dolor de cabeza, dolor corporal, constipación.	1593 personas padecieron la enfermedad.
Fiebre Tifoidea	Fiebre continua, dolor de cabeza, dolor corporal, constipación, hemorragia estomacal, úlcera en el intestino delgado.	188 enfermos.
Disenteria Bacteriana	Diarrea con sangre y moco, dolor de abdomen, deposiciones frecuentes y aspecto enfermo del paciente.	94 personas enfermas.

FUENTE: Puerto y Martinez (2021), p. 25.

Desarrollando los impactos ambientales generados a las aguas subterráneas utilizadas para la conservación del ecosistema natural se encontró que como se muestra en la tabla 10, los componentes más mencionados en este tipo de agua subterránea es el mismo que la clasificación de aguas subterráneas para la conservación del ecosistema natural.

Tabla 10. *Impactos ambientales generados a las aguas subterráneas utilizadas para la conservación del ecosistema natural.*

CLASIFICACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	AUTORES	COMPONENTE ESPECÍFICO DEL LIXIVIADO	IMPACTO NEGATIVO QUE GENERA
AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA NATURAL	<i>Páez (2020), p. 87; Rueda [et. al.] (2020), p. 6; Rojas (2019), p. 101; Cristancho [et. al.] (2019), p. 48; Zanelato et. al. (2019), p. 1092; Reynoso [et. al.] (2020), p. 58; Vargas (2020), p. 43 y 38; Álvares (2019), p. 38</i>	Fosfato, Hierro, Manganeso, Mercurio, Plomo y Cadmio	Afecta a la calidad de los ecosistemas y atenta en contra de la salud de la flora y fauna.
	<i>Lopez et. al. (2020), p. 56; Ticona y Apaza (2020), p. 34; Carranza (2019), p. 66; Balcazar [et. al.] (2020); p. 10; Vargas (2020), p. 37;</i>	compuestos orgánicos	disminución de la cantidad de oxígeno disuelto y consecuente muerte de vegetación y microfauna.
	<i>Schneider (2019), p. 185;</i>	compuesto orgánicos volátiles	Componente mutagénico para el normal desarrollo de todo ser vivo que subsiste a partir del ecosistema.
	<i>Gallardo y Pichén (2019), p. 17; López [et. al.] (2020), p. 182;</i>	compuestos orgánicos	Emisión de gases de efecto invernadero.
	<i>Morell y Renau (2019), p. 13;</i>	Contaminantes emergentes (Lixiviados de medicamentos y compuestos farmacéuticos)	Generan que el ecosistema pierda su capacidad de albergar vida debido a la muerte de los microorganismos de los principales ciclos geológicos
	<i>Ticona y Apaza (2020), p. 36;</i>	sales	desertificación de los suelos
	<i>Álvares (2019), p. 38;</i>	todo el lixiviado	Eutrofización de fuentes acuáticas y mal hedor.
	<i>López [et. al.] (2020), p. 187;</i>	todo el lixiviado	Proliferación de vectores y presencia de especies nocivas

FUENTE: Autoría propia

El Fosfato, Hierro, Manganeso, Mercurio, Plomo y Cadmio presentes en la composición base de los lixiviados afectaron directamente en el equilibrio del ecosistema natural. Esto se debió a que los metales pesados han contaminado los vegetales mediante la rizo filtración y bioacumulación. Además, que los animales han consumido aguas de origen subterráneo directamente lo cual afectaría a su normal desarrollo embrionario causando mutaciones que provocan la disminución de la diversidad por una alta tasa de mortalidad. Los investigadores consideraron que una de las principales formas de medir la dispersión y movilización de los lixiviados es la utilización del modelamiento mediante software. Tal y como se muestra en la figura 10.

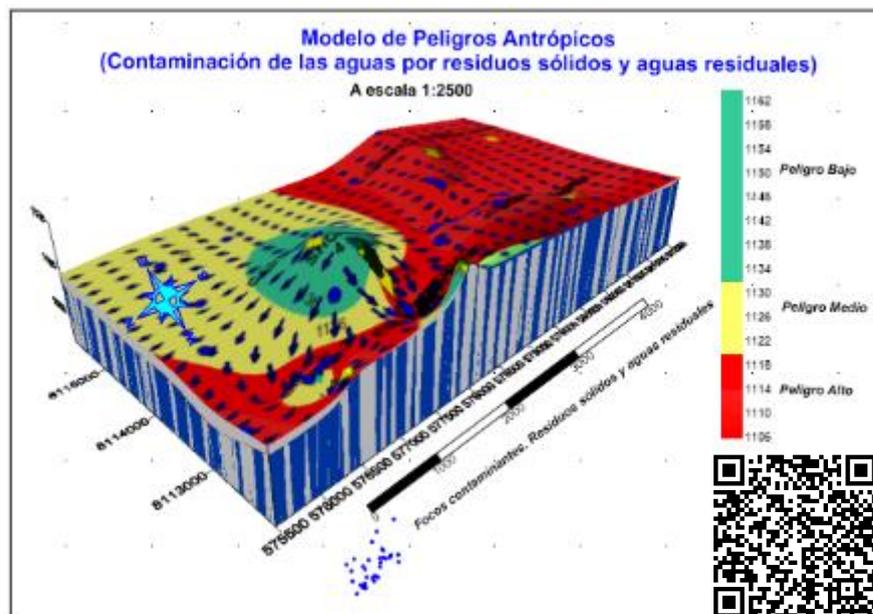


Figura 10. Modelamiento del riesgo causado por actividades antrópicas

FUENTE: Puerto y Martinez, 2021, p. 24

Se consideró que una de las principales herramientas para contrarrestar los impactos ambientales negativos que podrían generar los lixiviados y otros riesgos causados por los vertederos municipales es la utilización de la tecnología actual (modelamiento y la teledetección). Estas herramientas podrían contribuir a establecer un sistema de alerta temprana para contrarrestar los impactos ambientales negativos antes de generarse o producirse.

Desarrollando la descripción de los factores críticos que contaminan las aguas subterráneas a partir de la generación de los lixiviados en vertederos municipales se encontró que, los factores críticos que afectan a la contaminación de lixiviados son numerosos y diversos, razón por la cual se escogieron aquellos que tenían mayor número de publicaciones científicas que la mencionan y desarrollan, encontrándose que dentro de los diferentes factores críticos estuvo la calidad del residuo sólido del cual se forma el lixiviado, las condiciones climáticas del vertedero o relleno sanitario, las características del lugar y las condiciones de infraestructura del vertedero o relleno sanitario. Después de realizado el análisis se obtuvo la **tabla 11**, destacando al factor de calidad de residuo y las condiciones de infraestructura del relleno o vertedero como factores críticos más mencionados en las investigaciones científicas sistematizadas.

Tabla 11. Resumen de los principales factores críticos que se reconocieron en las publicaciones científicas

FACTOR CRÍTICO	AUTORES
Calidad del residuo	<i>Liu et. al., 2019, p. 3; Wang [et. al.], 2021, p. 3; Yang [et. al.], 2021, p. 3.</i>
Condiciones climáticas	<i>Zeng [et. al.], 2021, p. 5; Meirong et. al., 2020, p. 2020; Kepelewska [et. al.], 2019, p.10.</i>
Características del lugar	<i>Zeng [et. al.], 2021, p.5; Xiao [et.al], 2016, p. 87; Cohelo, 2018, p. 952; Mostola [et. al.], 2021, p. 4; Namil, 2018, p. 135.</i>
Condiciones de infraestructura del relleno o vertedero	<i>Kepeleska [et. al.], 2019, p. 11; Zeng [et. al.], 2021, p. 5; Xiao [et.al.], 2016, p. 87; Abimbola [et. al.], 2020, p. 5; Namil, 2018, p. 131.</i>

Fuente: Autoría propia

Los factores críticos desarrollados fueron estudiados siguiendo la observación de los resultados y las realidades estudiadas. Para una mejor comprensión del presente objetivo se procedió a realizar el detallado de todos los factores críticos encontrados en la información sistematizada.

En primer lugar tenemos la calidad del residuo, este factor crítico fue muy mencionado en anteriores investigaciones sistematizadas. Para desarrollar esta idea se procederá a recopilar la información más importante de las caracterizaciones observadas por cada autor y luego se discutirá con respecto a los porcentajes y las razones por las cuales se debería desestimar una investigación o aceptarla.

Tabla 12. Investigaciones relacionadas con el factor crítico “calidad del residuo”

FACTOR CRÍTICO	AUTORES	CONSECUENCIAS
Calidad del residuo	<i>Liu [et. al.], 2019, p. 3</i>	Los vertederos municipales en su mayoría reciben residuos de desmonte y estos contaminan el suelo con óxido de calcio del cemento.
	<i>Wang [et. al.], 2021, p. 3</i>	Los vertederos municipales al no ser controlados reciben desechos industriales entre los cuales están las grandes cantidades de Estroncio (Sr)
	<i>Yang [et. al.], 2021, p. 3</i>	Los residuos al contener altas cantidades de baterías de uso doméstico generan degradación de sus componentes provocando la liberación de níquel y contaminando los acuíferos de la zona.

FUENTE: Autoría propia

Como se observa en la tabla 12, cada residuo sólido generó un impacto diferente al degradarse. Considerando la naturaleza de un vertedero municipal a cielo abierto se consideró que la falta de control en el sistema de tratamiento de residuos son los que originan impactos ambientales significativos. Tal y como lo expuso Liu [et. al.] (2019) en su investigación. Observándose que en su gran mayoría los residuos sólidos que se reciben en un vertedero municipal son “desmontes” y otros residuos de construcción. En base a esto y considerando que generalmente se encuentran grandes cantidades de estos residuos en un vertedero se evidenció que el cemento es el residuo que más predomina. El componente que generó mayor toxicidad es el óxido de calcio al haber provocado que al percolar e incorporarse a las aguas subterráneas se forman grandes cantidades de Hidróxido de calcio. Este contaminante al ser consumido por animales y personas provoca daños a la salud tales como sangrado intestinal, problemas respiratorios e irritación. Por último, también se evidenció la presencia de formas metálicas oxidadas lo cual fue tóxico.

También otro factor crítico fue la presencia de elementos químicos tóxicos entre los residuos de basura. Tales como metales pesados, Plomo, Zinc, Boro, entre otros. Estos contaminantes al degradarse y dejar de lado el residuo en el que estaban contenidos se incorporaron a los lixiviados provocando que contaminen las aguas subterráneas por acción de la gravedad. Wang [*et. al.*], 2021 detalló en sus resultados que dentro de los principales componentes de los residuos sólidos encontró grandes cantidades de Estroncio y residuos que contienen Bario. El estroncio al entrar en contacto con las aguas subterráneas y después de pasar por procesos químicos puede solubilizarse e incorporarse en la composición química del agua provocando que al ser ingerida por las personas u animales tengan altas probabilidades de adquirir anemia y daños a la dentadura. Estos metales pesados también fueron encontrados en la investigación de Díaz (2019, p. 10).

Por último se tuvo la investigación de Yang [*et. al.*], 2021 que encontró grandes cantidades de Níquel en los residuos sólidos que caracterizó. Estos residuos con altas concentraciones de Níquel contienen hasta un 28.5 % del total de residuos sólidos del vertedero. Esto coincidió con Gonzales (2018). Ambos investigadores explicaron la presencia de Níquel en los vertederos municipales a cielo abierto y corroboraron que la problemática de la incorporación de sustancias mutagénicas a las aguas subterráneas es una realidad.

Continuando con el normal desarrollo del objetivo se tiene a las condiciones climáticas como otro de los factores críticos que determina la gravedad de la contaminación por lixiviados a las aguas subterráneas. encontrándose como resultado del procesamiento de información lo que desarrolla la tabla 13.

Tabla 13. Investigaciones relacionadas con el factor crítico “Condiciones climáticas”

FACTOR CRÍTICO	AUTORES	CONSECUENCIAS
Condiciones climáticas	Zeng [et. al.], 2021, p. 5	La variación estacional cambia los diferentes regímenes de lluvia y producción de lixiviados.
	Meirong [et. al.], 2020, p. 12	Debido a un aumento de las precipitaciones aumentan la producción de lixiviados
	Kepelewska [et. al.], 2019, p.10	Las Lluvias de invierno y las bajas temperaturas favorecen el lento deshielo del suelo y las precipitaciones responsables del 80% al 90% de generación de lixiviados.

FUENTE: Autoría propia

Después de sistematizar la información se determinó que dentro de las investigaciones científicas procesadas se encontró a Zeng [et. al.], 2021 el cual expuso que la variación estacional y los regímenes de lluvia determinó la cantidad total de lixiviados que genera el residuo sólido. Sin embargo este no es el único factor que determinó la cantidad de lixiviados que generaron los residuos sólidos, también está la humedad específica del propio lixiviado que depende de su composición y de lo que contenga (en caso de ser envases). También expuso en su investigación que los cambios estacionales determinaron la producción de lixiviados siendo la estación más calurosa con menos cantidad de lixiviados producidos y las estaciones lluviosas con más producción de lixiviados.

Por último, se tuvo a Kepelewska y equipo (2019), estos autores atribuyeron a los cambios estacionales, específicamente al invierno y verano, la producción de 52845 m3 de lixiviados. Siendo el mes de verano, la estación con mayor producción de lixiviados. Esta incoherencia de resultados entre Zeng [et. al.], 2021 y Kepelewska y equipo (2019) puede ser resuelta realizando una observación al lugar en el que se desarrollan las investigaciones. Zeng [et. al.], 2021 tiene un lugar con clima tropical - semiárido. Sin embargo, Kepelewska y equipo (2019) tienen un clima templado con inviernos nevados. Esto explicó las grandes cantidades de lixiviados que apreció Kepelewska y equipo (2019). Esto dio como resultado que uno de los principales factores climáticos que también influyen en la producción de lixiviados son los climas extremos. Los investigadores de la presente revisión sistemática consideraron este factor a

tomar muy en consideración, ya que cada vez se observan clima muchos más extremos. Esto a causa de los efectos del calentamiento global.

Continuando con el desarrollo de los factores críticos se encontró que las características del lugar también fueron los factores que determinaron la gravedad de la contaminación de aguas subterráneas por lixiviados de vertedero municipal. Tal y como se observa en la tabla 14 y sus entradas.

Tabla 14. Investigaciones relacionadas con el factor crítico “Características del lugar”

FACTOR CRÍTICO	AUTORES	CONSECUENCIAS
características del lugar	Zeng [et. al.], 2021, p.5	Las condiciones del suelo (inclinación, densidad aparente y demás) provoca que la dispersión del lixiviado se produzca de dos formas: advectiva y por dispersión.
	Xiao [et.al.], 2016, p. 87	Al ser un vertedero no controlado y al incinerarse menos de 45 min. las cenizas de este residuo provocan que se incorporen metales pesados a los lixiviados haciendo que estos metales se incorporen a las fuentes de agua subterránea.
	Cohelo, 2018, p. 952	Un suelo arcilloso aumenta la producción de lixiviados. Por ejemplo con un suelo con 65% de arcilla se encontró que la producción de lixiviados fue mucho menor que cuando tenía 100% de arcilla.
	Namil, 2018, p. 135	Un alto índice calórico cerca a los residuos sólidos del vertedero genera una mayor producción de lixiviados

FUENTE: Autoría propia

Dentro de las condiciones del entorno del vertedero municipal se encontró que más destaca la calidad del suelo siendo este muy importante al determinar la cantidad de lixiviados que se generarían tal y como lo describe Cohelo (2018) en el cual poniendo de ejemplo su vertedero encontró que el suelo arcilloso al poseer gran capacidad de expansión, permeabilidad y plasticidad generó muchos más lixiviados a comparación de un suelo con menos arcilla. Además, se determinó que si un suelo está mucho más compactado (100 % de compactación) este generará un 35,2 % más de lixiviados a comparación de un suelo con menor porcentaje de compactación. Esto es muy importante a

considerar ya que el peso del residuo sólido también puede considerarse una herramienta para realizar la compactación del suelo y juntando esto con la inadecuada disposición final de residuos encontramos que la problemática se agrava.

Por último, en lo que respecta a las condiciones de infraestructura del relleno o vertedero se ha encontrado la información detallada en la tabla 15

Tabla 15. Investigaciones relacionadas con el factor crítico “Condiciones infraestructurales”

FACTOR CRÍTICO	AUTORES	CONSECUENCIAS
Condiciones de infraestructura del relleno o vertedero	<i>Kepeleska [et. al.], 2019, p. 11</i>	Deficiencias estructurales en los centros de disposición (roturas de las geomembranas o colchón de fondo) generan filtraciones.
	<i>Zeng [et. al.], 2021, p. 5</i>	El transporte y ubicación de relleno podría generar una contaminación difusa de lixiviados a las aguas subterráneas.
	<i>Xiao [et. al.], 2016, p. 87</i>	Si se realiza el quemado como una etapa del proceso de manejo de residuos sólidos se contaminarán los lixiviados con metales pesados lo cual agravaría la contaminación de aguas subterráneas.
	<i>Abimbola [et. al.], 2020, p. 5</i>	Debido a la ausencia de tratamientos microbiológicos en las etapas de manejo de residuos sólidos, se demostró que una bacteria <i>Enterobacter</i> mostró una resistencia del 70% a fármacos de uso convencional.
	<i>Meirong [et. al.], 2020, p. 12</i>	La ubicación de los residuos influye en la producción de lixiviados. A menor profundidad del residuo más lixiviado se genera y en los residuos profundos se genera una pérdida gradual.
	<i>Mostola [et. al.], 2021, p. 4</i>	La calidad del suelo y sus propiedades influye en la percolación del lixiviado. El lixiviado del vertedero municipal se percola con un porcentaje del 38% al 44% del agua en un suelo saturado.
	<i>Namil, 2018, p. 131</i>	Que se haya implementado la segregación de residuos sólidos y el reciclaje provoca una menor cantidad de lixiviados generados además de evitar la generación de lixiviados con contaminantes altamente tóxicos.

FUENTE: Autoría propia

Una de las situaciones que agravaron la contaminación de aguas subterráneas con lixiviados de vertedero municipal fue la ubicación del residuo sólido en la columna o pila de residuos. Considerando que los vertederos municipales no controlados tienden a formar pilas de residuos sólidos sin segregar, tal y como lo determinó Meirong y equipo (2020); observándose que en residuos más expuestos a la superficie se observa mayor producción de lixiviados, a comparación de los que se ubican en la profundidad. Otra consideración que toman varios autores es la ubicación de la incorporación de lixiviado al suelo ya que esto determinará la forma de dispersión de los contaminantes y de su llegada a la fuente de agua subterránea.

Además, en la tabla 15 se consideró que una de las estrategias de mitigación de producción de lixiviados se debió a la segregación de residuos sólidos. Esta idea se formuló en base a la investigación hecha por Namil (2018) y respaldado por lo estudiado en la investigación de Canepa (et. al, 2008).

Por último, se observó que otra situación a considerar fueron los índices de calor que el vertedero utilizó en sus procesos de segregación de residuos y la presencia o ausencia de fogatas que incineran los residuos. Esto es de especial cuidado ya que los residuos sólidos al haberse quemado incorporan cenizas al suelo, que por lo general contienen grandes cantidades de metales pesados. Estos metales pesados al entrar en contacto con la humedad del suelo y del residuo sólido provocan que los lixiviados aumenten la concentración de metales en su composición haciendo que la composición de las fuentes de aguas subterráneas se altere. Provocando intoxicaciones y daños a la salud de los consumidores.

Referente a los metales pesados que se encuentran en la composición de los lixiviados se encontró que estos dependen de la composición del lixiviado y de la edad de los vertederos. Este proceso de contaminación por metales pesados trae consigo disminución de aminoácidos esenciales para la conservación de la vida en los cuerpos de agua.

En la calidad natural “El agua subterránea” está controlado por las "normas de calidad" que definen la idoneidad de un agua para el uso al que se vaya a destinar, en este proyecto se pretende dar a conocer el efecto negativo de los metales pesados (Zn, Cr, Cu, Ni, Pb, Hg, As) (Kulikowska y Klimiuk, 2008) que se encuentran en la composición de los lixiviados en el agua subterránea.

Se determinó que en lixiviados más jóvenes se encontraron concentraciones más bajas de nitrógeno, esto se debió a que los aminoácidos presentes provoquen una desaminación que se daba en el proceso de destrucción de los compuestos orgánicos presentes en los residuos tal y como lo detalla Abiriga, Vestgarden y Klempe (2020); además, de ser plasmado en la **figura 11**.

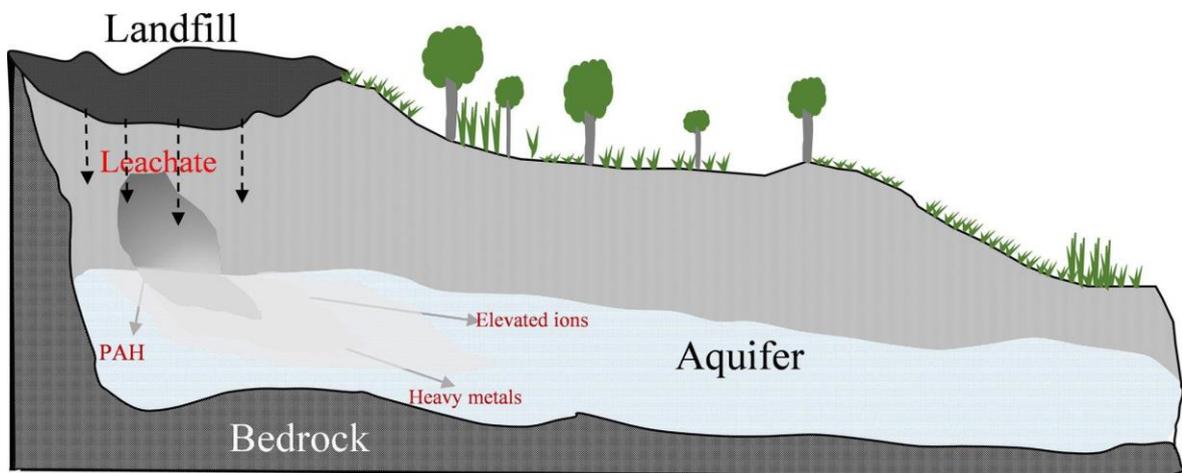


Figura 11. Infiltración de los lixiviados generando que se eleven los electrones e ingresen metales pesados a los acuíferos. FUENTE: Abiriga, Vestgarden y Klempe (2020)

A medida que el vertedero tenga más tiempo en funcionamiento los lixiviados serán más maduros y estarán compuestos por más metales debido a que habrá mayor cantidad de residuos compuestos por metales pesados u otras sustancias que a la larga van a generar que el lixiviado sea más nocivo para las aguas subterráneas cuando haya infiltración. Chinnam, Ujaczki y O'Donoghue (2020).

La presencia del Arsénico (As) (**figura 12**) en las aguas subterráneas provocó que la cantidad bacteriana se reduzca en el trayecto de estas moléculas en el

acuífero, este contaminante por lo general se produjo por la cantidad de residuos marinos, de construcción, químicos y peligrosos, que se encuentran en los vertederos municipales Sánchez-Muñoz, Cruz-Cerón y Maldonado-Espinel (2020).

La salud de las personas se vio afectadas por el arsénico debido a que estas alteran a las células causando enfermedades respiratorias y cáncer Mendoza-Cano et al. (2017).

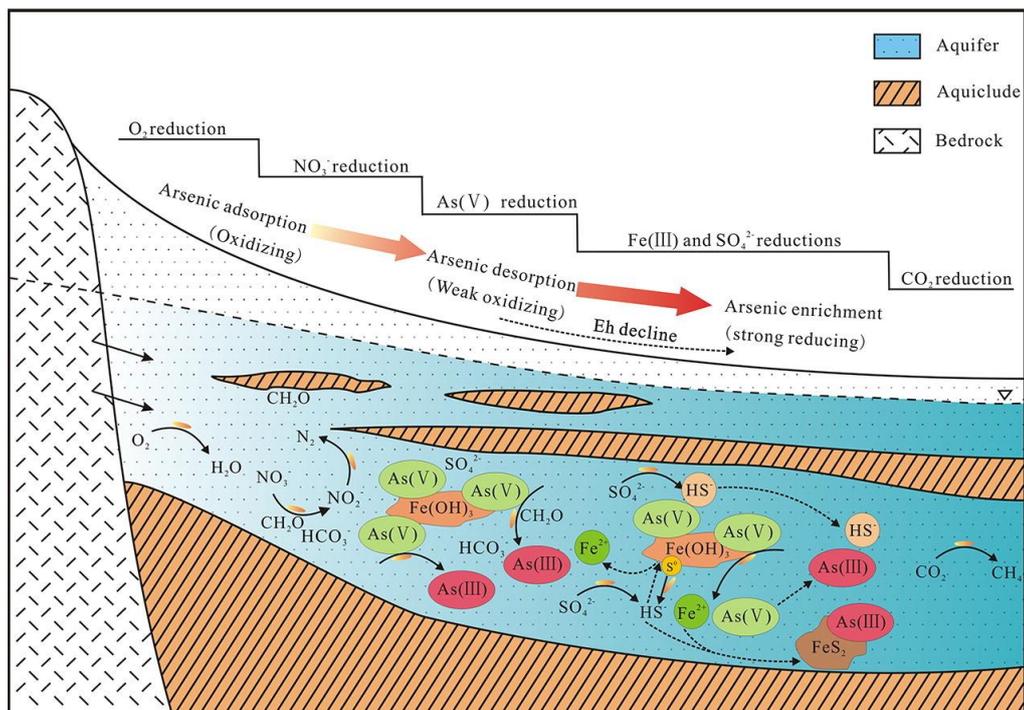


Figura 12. Dinámica del arsénico en las aguas subterráneas. **FUENTE:** Autoría propia

Culminando con el cumplimiento de la presente investigación se desarrollaron los métodos de tratamiento químico más eficaces, para el tratamiento de lixiviados de residuos sólidos. Esto se realizó con la finalidad de determinar un método para evitar la contaminación de cuerpos de agua subterránea por altas concentraciones de contaminantes.

Para el tratamiento de las aguas subterráneas se han empleado diversos métodos, el más eficaz y más realizado en los últimos años para reducir los contaminantes generados por los residuos sólidos (lixiviados) es el método químico, tal y como lo detalla Abiriga, Westgarden y Klempe (2021).

El efecto de las aguas subterráneas contaminadas con lixiviados de vertederos referente al tratamiento redox, se refiere básicamente a la solidificación y estabilización de las partículas presentes en el agua subterránea logrando que los metales carezcan de movilidad a través de la unión química presente en ella ya que la permeabilidad estará reducida generando un atrapamiento.

Tabla 16. Comparación de los métodos de tratamiento químicos de lixiviados de residuos sólidos

TRATAMIENTO	AUTOR	EFEECTO
Tratamiento fenton	<i>Iván et al. (2019); Valderrama, Montero del Águila y Cruz Pio (2016); Zafra-Mejía y Romero-Torres(2019)</i>	<p>El tratamiento fenton con valores muy buenos referente a los reactivos se obtuvo remoción de materia orgánica en los lixiviados presentes en los residuos sólidos, en los cuales hubo más del 70% en pH y DQO.</p> <p>Con la aplicación de la coagulación y floculación después de aplicar el tratamiento Fenton la remoción en los mismos parámetros indicaron una efectividad de más del 85% esto es en base a la eficiencia alcanzada.</p> <p>El índice de biodegradabilidad aumentó en un 0,07 a 0,13 respecto al (DBO5/DQO), especificando que la remoción en base al DBO5 con los valores destacables del reactivo fenton fue del 44 %.</p> <p>En las diferentes investigaciones se ha visto el tratamiento de los lixiviados de vertederos municipales en los que se ha promediado los resultados obtenidos en cada uno de ellos.</p>
Condiciones redox	<i>Abiriga, Vestgarden y Klempe (2021); Dusing, Bishop y Keener (1992); Zhang y Lin (2020); Basberg, Banks y Sæther (1998); Bjerg et al. (1995)</i>	<p>La lixiviación semidinamica fue considerada como prueba para ver el potencial de redox, las cuales fueron condiciones parecidas a las que se emplearon en algunos acuíferos freáticos, sin embargo algunos vertederos alcanzaron la fase IV, aunque las condiciones redox fueron controlados en todos para solamente controlar la propagación de contaminantes y minimizan la contaminación del ecosistema temporalmente.</p>

FUENTE: Autoría propia

Se consideró el tratamiento fenton como una iniciativa de tratamiento químico de lixiviados en aguas subterráneas contaminadas con lixiviados. Este tratamiento tuvo el mayor porcentaje de remoción de contaminantes y en caso de aplicarse contribuiría a disminuir el impacto ambiental que los lixiviados generaron al medio ambiente. Este método servirá para disminuir el parámetro DBO₅ de manera específica en el caso descrito por Cahuana R. (2017).

V. CONCLUSIONES

1. El factor crítico más importante que agrava la contaminación generada por lixiviados de vertedero de residuos sólidos son las condiciones de infraestructura de los vertederos o lugares de disposición. Además, destaca las condiciones climáticas, la calidad del residuo sólido y las condiciones del lugar.
2. Después de analizar la incorporación de metales pesados a aguas subterráneas provocada por la contaminación por lixiviados de vertederos municipales causa la disminución de aminoácidos del cuerpo de agua y por consecuencia, impacto negativo en la calidad del acuífero así como a la salud de la población aledaña expuesta a dicho escenario.
3. El tratamiento químico más eficaz para el tratamiento de lixiviados de vertedero municipal es el método "Fenton". Debido a que dentro de los métodos químicos analizados este mostró un mayor porcentaje de reducción de contaminantes.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un análisis detallado de los principales contaminantes que componen los lixiviados a fin de poder determinar mayor información relacionada a los Impactos específicos que provoca el lixiviado.
2. Se recomienda realizar un **estudio más** extenso del impacto de los lixiviados a los diversos componentes del medio ambiente, con la finalidad de proveer de mayor información a la comunidad científica y a fin de correlacionar impactos entre componentes.
3. Se recomienda realizar un estudio con diferente metodología científica, con la finalidad de corroborar los Impactos ambientales mencionados en la presente investigación.
4. Se recomienda una nueva investigación relacionada a los Impactos del consumo de aguas subterráneas al cuerpo humano, ya que la información encontrada es escasa y desactualizada.
5. Establecer como herramienta de recopilación de información una evaluación de impactos ambientales, con la finalidad de determinar el efecto de los lixiviados en los diferentes componentes ambientales.
6. Se recomienda realizar una investigación científica teniendo como tema central los efectos de los lixiviados al componente aire. Ya que según lo observado en los panoramas de las investigaciones sistematizadas los vertederos municipales, por lo general se encuentran rodeados por viviendas y agrupaciones civiles.
7. enfatizar en el cuidado del agua y el correcto manejo de los residuos para evitar innumerables daños a los ecosistemas y a la población.

VII. REFERENCIAS

- ABIRIGA, D., VESTGARDEN, L.S. y KLEMPE, H., 2020. Groundwater contamination from a municipal landfill: Effect of age, landfill closure, and season on groundwater chemistry. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 737, pp. 140307. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.140307. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140307>.
- ADAMCOVÁ, D., RADZIEMSKA, M., RIDOŠKOVÁ, A., BARTOŇ, S., PELCOVÁ, P., ELBL, J., KYNICKÝ, J., BRTNICKÝ, M. y VAVERKOVÁ, M.D., 2017. Environmental assessment of the effects of a municipal landfill on the content and distribution of heavy metals in *Tanacetum vulgare* L. *Chemosphere*, vol. 185, pp. 1011-1018. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2017.07.060.
- ADEKANMBI, A.O., OLUWASEYI, T.A. y OYELADE, A.A., 2021. Dumpsite leachate as a hotspot of multidrug resistant Enterobacteriaceae harbouring extended spectrum and AmpC β -lactamase genes; a case study of Awotan municipal solid waste dumpsite in Southwest Nigeria. *Meta Gene*, vol. 28, no. November 2020. ISSN 22145400. DOI 10.1016/j.mgene.2021.100853.
- AGUILAR ARTEAGA, RODOLFO, VALIENTE SALDAÑA, YONI MATEO, OLIVER LINARES, DOMINGO ESTUARDO, FRANCO CORNELIO, CARLOS ALBERTO, DÍAZ VALIENTE, FRANK ALEXANDER, MÉNDEZ COBIAN, FRANCISCO JULIO, uso inadecuado de 2018 residuos y su impacto en la contaminación ambiental [en línea]. 4. Trujillo: SCIÉND. [Consultado el 3 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044>
- ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, F., 2019. Identificación de impactos ambientales reportados durante la operación de rellenos sanitarios en Colombia [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25366/falvarezh.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- AMIN, M.G.M., AKTER, A., JAHANGIR, M.M.R. y AHMED, T., 2021. Leaching and runoff potential of nutrient and water losses in rice field as affected by alternate wetting and drying irrigation. *Journal of Environmental*

- Management [en línea], vol. 297, no. July, pp. 113402. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2021.113402. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113402>.
- ANDRÉS, P., 2019. Manejo y tratamiento de lixiviados provenientes de residuos Management and treatment of leachate from urban solid waste . Gerencia Ambiental Y Desarrollo Sostenible Empresarial [en línea], pp. 1-16. Disponible en: [https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4586/MANEJO Y TRATAMIENTO.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4586/MANEJO_Y_TRATAMIENTO.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
 - BAENA, A., AYALA, J. y BAÑOS, R., 2017. Deportes De Aventura Realizados Por Competidores De Élite De Raids. Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud, vol. 15, no. 1, pp. 1-17. ISSN 1409-0724. DOI 10.15517/pensarmov.v15i1.24777.
 - BASBERG, L., BANKS, D. y SÆTHER, O.M., 1998. Redox processes in groundwater impacted by landfill leachate. *Aquatic Geochemistry*, vol. 4, no. 2, pp. 253-272. ISSN 13806165. DOI 10.1023/A:1009623205558.
 - BEDDU, S., ABD MANAN, T.S.B., ZAINOODIN, M.M., KHAN, T., WAN MOHTAR, W.H.M., NURIKA, O., JUSOH, H., YAVARI, S., KAMAL, N.L.M., GHANIM, A.A., PATI, S. y ABDULLAH, M.T., 2020. Dataset on leaching properties of coal ashes from Malaysian coal power plant. *Data in Brief*, vol. 31, pp. 105843. ISSN 23523409. DOI 10.1016/j.dib.2020.105843.
 - BERNAL SEGURA, A., 2019. Identificación de los focos de contaminación de la quebrada las Delicias mediante los índices de calidad del agua y su relación con el inventario de usos y usuarios [en línea]. S.l.: Universidad Cooperativa de Colombia. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15105/3/2019-identificacion_focos_contaminacion.pdf.
 - BRINDHA, K. y SCHNEIDER, M., 2019. Impact of urbanization on groundwater quality [libro en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128154137. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-815413-7.00013-4>.
 - BJERG, P.L., RUGGE, K., PEDERSEN, J.K. y CHRISTENSEN, T.H., 1995. Distribution of Redox-Sensitive Groundwater Quality Parameters Downgradient of a Landfill (Grindsted, Denmark). *Environmental Science and*

- Technology, vol. 29, no. 5, pp. 1387-1394. ISSN 15205851. DOI 10.1021/es00005a035.
- CARRANZA SERRANO, J.L., 2019. Impactos de la eliminación de os residuos sólidos urbanos en la salud pública y medio ambiente del sector rondón-Chachapoyas [en línea]. S.I.: Universidad nacional de trujillo. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17762>.
 - CHEN, X.W., WONG, J.T.F., LEUNG, A.O.W., NG, C.W.W. y WONG, M.H., 2017. Comparison of plant and bacterial communities between a subtropical landfill topsoil 15 years after restoration and a natural area. Waste Management, vol. 63, pp. 49-57. ISSN 18792456. DOI 10.1016/j.wasman.2016.08.015.
 - CRISTANCHO MONTENEGRO, D.L., TORRES MEJÍA, A.S. y LOBATÓN ORDUZ, J.F., 2020. Análisis comparativo del impacto al recurso hídrico generado en los principales rellenos sanitarios en Colombia. Revista Mutis, vol. 10, no. 1, pp. 25-45. ISSN 2256-1498. DOI 10.21789/22561498.1601.
 - DANG, M., CHAI, J., XU, Z., QIN, Y., CAO, J. y LIU, F., 2020. Soil water characteristic curve test and saturated-unsaturated seepage analysis in Jiangcungou municipal solid waste landfill, China. Engineering Geology [en línea], vol. 264, pp. 105374. ISSN 00137952. DOI 10.1016/j.enggeo.2019.105374. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105374>.
 - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”. Lima. 18 de octubre del 2021.
 - DIAZ Fonseca, Benny. Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de san pablo - 2018. Tesis (ingeniero ambiental titulado). Tarapoto: Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería ambiental, 2019. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31560/D%C3%ADaz_FBW.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 - DUSING, D.C., BISHOP, P.L. y KEENER, T.C., 1992. Effect of Redox Potential on Leaching from Stabilized/Solidified Waste Materials. *Journal of the Air and Waste*

- Management Association*, vol. 42, no. 1, pp. 56-62. ISSN 10473289. DOI 10.1080/10473289.1992.10466970.
- FERNANDO, M., M, P.C., LENIS, P., EUGENIA, L.M., IVÁN, R. y C, G.L., 2020. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en Los Andes venezolanos. *Kasmera*, vol. 48, no. 1, pp. 1-11. ISSN 2477-9628. DOI 10.5281/zenodo.3861081.
 - GALLARDO GÁLVEZ, R.G. y PICHÉN DÍAZ, J.N., 2019. Evaluación del tratamiento de la refracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, 2019 [en línea]. S.I.: Privada Antonio Guillermo Urrelo. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1011/EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA%2C 2019..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
 - GONZALES GARCÍA, J.E., 2018. Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados [en línea]. S.I.: Universidad nacional de Cajamarca. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2238/EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL QUE GENERA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
 - HERNÁNDEZ, A.J., BARTOLOMÉ, C., PÉREZ-LEBLIC, M.I., RODRÍGUEZ, J., ÁLVAREZ, J. y PASTOR, J., 2012. Ecotoxicological diagnosis of a sealed municipal landfill. *Journal of Environmental Management*, vol. 95, no. SUPPL., pp. S50-S54. ISSN 03014797. DOI 10.1016/j.jenvman.2010.10.052.
 - HUSSAIN, M.Z., ROBERTSON, G.P., BASSO, B. y HAMILTON, S.K., 2020. Leaching losses of dissolved organic carbon and nitrogen from agricultural soils in the upper US Midwest. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 734, pp. 139379. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139379. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139379>.

- JIAN, Y., ZONGLIANG, Z., GANG, Z., LIANGXING, J., FANGYANG, L., MING, J. y YANQING, L., 2021. Process study of chloride roasting and water leaching for the extraction of valuable metals from spent lithium-ion batteries. *Hydrometallurgy* [en línea], vol. 203, no. February, pp. 105638. ISSN 0304386X. DOI 10.1016/j.hydromet.2021.105638. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2021.105638>.
- JEAMPIERE, B. rojas albitres rony, 2007. Impactos Del Botadero De Residuos Solidos De La Ciudad De Guadalupe En La Calidad Ambiental Del Area De Influencia [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo. Disponible en: [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13250/ROJAS ALBITRES%20RONY JEAMPIERE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13250/ROJAS%20ALBITRES%20RONY%20JEAMPIERE.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- KAPELEWSKA, J., KOTOWSKA, U., KARPIŃSKA, J., ASTEL, A., ZIELIŃSKI, P., SUCHTA, J. y ALGRZYM, K., 2019. Water pollution indicators and chemometric expertise for the assessment of the impact of municipal solid waste landfills on groundwater located in their area. *Chemical Engineering Journal* [en línea], vol. 359, pp. 790-800. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2018.11.137. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.137>.
- KULIKOWSKA, D. y KLIMIUK, E., 2008. The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 13, pp. 5981-5985. ISSN 09608524. DOI 10.1016/j.biortech.2007.10.015.
- LAZO ARÉVALO, M., 2017. Determinación del grado de contaminación presente en el agua subterránea por lixiviados proveniente de sepulturas de cadáveres ubicados bajo el suelo en el cementerio general de Pucallpa-Uvayali [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Ucayali. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3787>.
- LÓPEZ, Miguel, AGUILAR Mario y ARGÜELLES Carlos, 2020. Evaluación del sitio de disposición final de residuos sólidos en Martínez de la Torre , Veracruz. [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 179-189. Disponible en: <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/67/71>.
- LOPEZ, Maria Elena; RAMIREZ, Surey y SANTOS-HERRERO, Ronaldo. Predicción de la generación de lixiviados en rellenos sanitarios de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de Santa Clara Cuba. RTQ [online]. 2021,

- vol.41, n.1 [citado 2021-10-19], pp.47-59. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852021000100047&lng=es&nrm=iso>. Epub 28-Mar-2021. ISSN 2224-6185.
- LIU, H., ZHANG, J., LI, B., ZHOU, N., XIAO, X., LI, M. y ZHU, C., 2020. Environmental behavior of construction and demolition waste as recycled aggregates for backfilling in mines: Leaching toxicity and surface subsidence studies. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 389, no. July 2019, pp. 121870. ISSN 18733336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2019.121870. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121870>.
 - LOUSTAUNAU, Mónica. Aspectos e impactos ambientales. Obtenido de <https://www.fing.edu.uy/iq/cursos/proyectoindustrial/A&IA.pdf>, 2014.
 - MENCHERO SÁNCHEZ, M., 2020. Inestabilidad, violencia y turismo en Perú: una aproximación desde el papel del Estado. *Araucaria*, vol. 35, no. 43, pp. 350-367. ISSN 15756823. DOI 10.12795/araucaria.2020.i43.19.
 - MENDOZA-CANO, O., SÁNCHEZ-PIÑA, R.A., BARRÓN-QUINTANA, J., CUEVAS-ARELLANO, H.B., ESCALANTE-MINAKATA, P. y SOLANO-BARAJAS, R., 2017. Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México. *Salud Pública de México*, vol. 59, no. 1, pp. 34. ISSN 0036-3634. DOI 10.21149/8413.
 - MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2017. Decreto Legislativo No 1278. Decreto Legislativo No 1278 [en línea], pp. 35. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-Nº-1278.pdf>.
 - MONTOYA SALAZAR, J.C., 2019. Tratamiento de los Lixiviados Generados en el Relleno Sanitario “Los Corazones” de la Ciudad de Valledupar Mediante Ósmosis Inversa [en línea]. S.l.: Universidad de Manizales. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/5492/TESIS_FINAL_OMAR_TRUJILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
 - MORELL, I. y RENAU-PRU, A., 2019. Tema del día Contaminación de aguas subterráneas . *Enseñanzas de la tierra* [en línea], vol. 27, no. 1, pp. 3-17. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/356261/448193>.

- NAVES, L.C., 2019. Influence of soil compaction on the production and potential pollution of leachate of urban solid waste. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [en línea], vol. 24, no. 5, pp. 949-958. [Consulta: 6 septiembre 2021]. ISSN 14134152. DOI 10.1590/s1413-41522019118989. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522019000500949&tlng=pt.
- NETZAHUATL-MUÑOZ, A.R. y RODRÍGUEZ-CUAMATZI, P., 2020. Revisión sobre la ocurrencia de triclosán en aguas subterráneas y tendencias tecnológicas para su remoción. *Alianzas y Tendencias BUAP* [en línea], vol. 2, no. 5, pp. 99-135. Disponible en: <https://www.aytbuap.mx/aytbuap-520/revisión-sobre-la-ocurrencia-de-triclosán-en-aguas-subterráneas-y-tendencia>.
- OROZCO, oscar E. sanclemente reyes milton cesar ararat y TENORIO, É.B., 2018. Evaluación preliminar de residuos sólidos en la plaza de mercado del municipio de Puerto Tejada (Cauca). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)* [en línea], vol. 9, no. 2, pp. 77-87. ISSN 2145-6453. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/revista1/index.php/riaa/article/view/917>
- OSORIO, A., 2018. Plan de cierre - remediación, clausura y post clausura de relleno sanitario de la disposición final de residuos sólidos urbanos. [en línea], pp. 1-50. Disponible en: http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/10/6271_SANTA.ROSA_ARNALDO.OZORIO.pdf.
- PABLO, J., 2018. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. *Interciencia* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 1-187. ISSN 03781844. Disponible en: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/6050/Tesis_57389.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/10302%0Ahttp://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/414/1/T026_70261078_T.pdf.
- PÁEZ TORRES, C.A., 2020. Análisis del impacto en la calidad de las aguas subterráneas por las actividades industriales y agropecuarias desarrolladas en las Veredas Fute y Barroblanco del Municipio de Bojacá y en la Vereda Balsillas del Municipio de Mosquera [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de

- Colombia Facultad. Disponible en:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78643>.
- PALOMARES., P., 2020. Diagnóstico ambiental de la disposición de residuos sólidos en el municipio de valle grande (Bolivia) [en línea]. S.l.: Universidad de Sevilla. Disponible en:
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101454/TFM-1653-VARGAS ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
 - PEREZ Cahuana, Roger. Plan de cierre y recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos municipales en el botadero de "san José" - Andahuaylas, Apurímac. Tesis mixta (ingeniero ambiental titulado). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Instituto de ciencias, 2017. Disponible en:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4173/perez-ccahuana-roger-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - PLIEGO, R., REGALADO, C., AMARO, A. y GARCÍA, B., 2013. Revista Mexicana de Ingeniería Química. Revista Mexicana de Ingeniería Química [en línea], vol. 12, no. 3, pp. 505-511. ISSN 1665-2738. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62029966013>.
 - PUERTO SÁNCHEZ, J.A. y MARTÍNEZ VALDÉS, Y., 2021. Peligros ambientales y antrópicos sobre las aguas de la Comuna de Environmental and anthropic hazards on the waters in the Ondjiva Commune , Angola. INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL [en línea], vol. XLII, no. 3, pp. 14-28. Disponible en:
<https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/547/458>.
 - PUMA, Y., 2019. Identificación y Valoración de Riesgo Ambiental de la Contaminación por Aguas Subterráneas Ácidas en el Río Llallimayo - Distrito de Ocuwiri - Lampa. Tesis [en línea], pp. 63. Disponible en:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13296/Puma_Curasi_Yelitza_Luisa.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
 - RAMÍREZ, A.Q., GONZÁLEZ, Y.V. y VALENCIA, L.A.L., 2017. Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical. DYNA (Colombia), vol. 84, no. 203, pp. 283-290. ISSN 00127353. DOI 10.15446/d

- RIVAS, E., CALERO, M., AMOR, C., BLÁZQUEZ, G., MARTÍN-LARA, M.Á. y PÉREZ, A., 2019. Mixed solid waste from the decommissioning of coal-fired power plants as a resource of high value metals. *Process Safety and Environmental Protection* [en línea], vol. 125, pp. 9-15. ISSN 09575820. DOI 10.1016/j.psep.2019.02.027. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.02.027>.
- RIVIERA, L.A. y LÓPEZ, M.A., 2020. Evaluación de sitio para disposición final de residuos sólidos urbanos para la Riviera veracruzana, Alvarado, ver. [en línea]. 1. México: s.n. ISBN 9786078617647. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Angel-Lopez-10/publication/343350863_EVALUACION_DE_SITIO_PARA_DISPOSICION_FINAL_DE_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS_PARA_LA_RIVIERA_VERACRUZANAALVARADOVER/links/5f248e1e458515b729f8b1b0/EVALUACION-DE-SITIO-PARA-DISPOSICION-FINAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-PARA-LA-RIVIERA-VERACRUZANA-ALVARADO-VER.pdf#page=57.
- RODRÍGUEZ EUGENIO, NATALIA; MCLAUGHLIN, M. y PENNOCK, D., 2019. La contaminación del suelo: una realidad oculta [en línea]. S.I.: s.n. ISBN 9789251316399. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>.
- ROJAS MAMANI, J.S., 2017. Evaluación Cualitativa Del Impacto Ambiental Y Distribución Espacial De Los Botaderos Vecinales Temporales De Residuos Sólidos En La Ciudad De Puno [en línea]. S.I.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6628/EPG972-00972-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- RUEDA, I.R., GÓMEZ, A., GARCÍA, J.A. y LÓPEZ, G., 2000. Efectos de contaminantes en suelo por un vertedero a cielo abierto en tabasco, vol. 4, no. 2448-8186, pp. 1-18. DOI 10.19136/Jeeos.a4n1.3473.
- SALGADO, A., 2007. Evaluación Del Rigor Metodológico Y Retos. *Liberabit*, vol. 13, no. 1729-4827, pp. 71-78. ISSN 1729-4827.
- SÁNCHEZ, M. del P., CRUZ, J.G. y MALDONADO, P.C., 2020. Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva

- de la generación. *Revista Finanzas y Política Económica*, vol. 11, no. 2, pp. 321-336. ISSN 2248-6046. DOI: 10.14718/revfinanzpolitecon.2019.11.2.6.
- SÁNCHEZ, T., 2019. To quote and refer: A formative strategy for the ethical use of information and plagiarism prevention in academia | Citar e referenciar: Uma estratégia formativa para o uso ético da informação e prevenção do plágio em meio acadêmico. *Perspectivas em Ciencia da Informacao*, vol. 24, no. 3, pp. 59-72.
 - SEGURA, P. y ROCHA, W.A., 2019. Eficiencia de remocion de contaminantes de lixiviados generados en un relleno sanitario mediante un biodigestor y gumedales artificiales de flujo subsuperficial a traves de la especie macrofita carrizo [en línea]. S.I.: Universidad peruana Unión. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1942>.
 - SILVA, N.B.D. da, BORGES, I. y VASCONCELOS, V.V., 2020. Análise do impacto potencial de áreas com contaminação de solos sobre cursos d'água e poços no município de São Paulo. *Águas Subterrâneas*, vol. 34, no. 3, pp. 250-263. ISSN 0101-7004. DOI 10.14295/ras.v34i3.29753.
 - THANH, N.C. y TAM, D.M., 1992. Environmental protection and development: how to achieve a balance? *Environmental Impact Assessment for Developing Countries*, pp. 3-15. DOI 10.1016/b978-0-7506-1190-9.50005-2.
 - TICONA, L. y APAZA, C., 2020. Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani - Puno. *ÑAWPARISUN - Revista de Investigación Científica*, vol. 2, no. 4, pp. 29-36.
 - UM, N., KANG, Y.Y., KIM, K.H., SHIN, S.K. y LEE, Y., 2018. Strategic environmental assessment for effective waste management in Korea: A review of the new policy framework. *Waste Management* [en línea], vol. 82, pp. 129-138. ISSN 18792456. DOI 10.1016/j.wasman.2018.10.025. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.025>.
 - VALDERRAMA, M., MONTERO DEL ÁGUILA, E. y CRUZ PIO, L.E., 2016. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], vol. 82, no. 4, pp. 454-466. ISSN 1810-634X. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2016000400007&script=sci_arttext.

- VAN YKEN, J., CHENG, K.Y., BOXALL, N.J., NIKOLOSKI, A.N., MOHEIMANI, N., VALIX, M., SAHAJWALLA, V. y KAKSONEN, A.H., 2020. Potential of metals leaching from printed circuit boards with biological and chemical lixivants. *Hydrometallurgy* [en línea], vol. 196, pp. 105433. ISSN: 0304386X. DOI: 10.1016/j.hydromet.2020.105433. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2020.105433>.
- VARGAS ROSAS, J., 2020. Diagnóstico ambiental de la disposición de residuos sólidos en el municipio de valle grande (BOLIVIA) [en línea]. S.I.: Universidad de Sevilla. Disponible en: [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101454/TFM-1653-VARGAS ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101454/TFM-1653-VARGAS%20ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- WANG, Y., TANG, Y., LI, R., GUO, X., HURLEY, J.P. y FINKELMAN, R.B., 2021. Measurements of the leachability of potentially hazardous trace elements from solid coal gasification wastes in China. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 759, no. xxxx, pp. 143463. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.143463. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143463>.
- WANG, F., SONG, K., HE, X., PENG, Y., LIU, D. y LIU, J., 2021. Identification of groundwater pollution characteristics and health risk assessment of a landfill in a low permeability area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 14. ISSN 16604601. DOI 10.3390/ijerph18147690.
- WONG, M.H., CHEUNG, K.C. y LAN, C.Y., 1992. Factors related to the diversity and distribution of soil fauna on Gin Drinkers' Bay landfill, Hong Kong. *Waste Management and Research*, vol. 10, no. 5, pp. 423-434. ISSN 10963669. DOI 10.1016/0734-242X(92)90116-3.
- YANG, Y., RAM, R., MCMASTER, S.A., POWNCEBY, M.I. y CHEN, M., 2021. A comparative bio-oxidative leaching study of synthetic U-bearing minerals: Implications for mobility and retention. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 403, no. August 2020, pp. 121. ISSN: 18733336.

- DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.123914. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123914>.
- ZANELATO, R., BONATTO, I. da C., RESTREPO, J.J.B., PUERARI, R.C., MATIAS, W.G. y DE CASTILHOS JUNIOR, A.B., 2019. Toxicity of leachates from pilot reactors simulating a landfill with different concentrations of AgNP. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [en línea], vol. 24, no. 6, pp. 1089-1094. [Consulta: 20 septiembre 2021]. ISSN 14134152. DOI 10.1590/s1413-4152201920180239. Disponible en:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522019000601089&tlng=en.
 - ZENG, D., CHEN, G., ZHOU, P., XU, H., QIONG, A., DUO, B., LU, X., WANG, Z. y HAN, Z., 2021. Factors influencing groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in the Qinghai-Tibetan plateau. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea], vol. 211, pp. 111913. ISSN 10902414. DOI 10.1016/j.ecoenv.2021.111913. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111913>.
 - ZHANG, J., MA, T., FENG, L., YAN, Y., ABASS, O.K., WANG, Z. y CAI, H., 2017. Arsenic behavior in different biogeochemical zonations approximately along the groundwater flow path in Datong Basin, northern China. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 584-585, pp. 458-468. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.01.029. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.029>.
 - ZAFRA-MEJÍA, C. y ROMERO-TORRES, D., 2019. Tendencias tecnológicas de depuración de lixiviados en rellenos sanitarios iberoamericanos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 18, no. 35, pp. 125-147. ISSN 1692-3324. DOI 10.22395/rium.v18n35a8.
 - ZHANG, W.J. y LIN, M.F., 2020. Influence of redox potential on leaching behavior of a solidified chromium contaminated soil. *Science of the Total*

Environment, vol. 733. ISSN 18791026. DOI
10.1016/j.scitotenv.2020.139410.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

OBJETIVO GENERAL:					
Determinar los impactos de la contaminación de aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos municipales					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMA ESPECÍFICO	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CRITERIO DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Describir los factores críticos que contaminan las aguas subterráneas a partir de la generación de los lixiviados en vertederos municipales	¿Cuáles son los factores críticos que contaminan las aguas subterráneas a partir de la generación de los lixiviados en vertederos municipales?	FACTORES CRÍTICOS	-Calidad del residuo -Condiciones climáticas -Características del lugar -Condiciones del vertedero	-Publicación científica con temática de impacto de lixiviados en aguas subterráneas. -Artículos científicos publicados por revistas científicas relacionadas con el medio ambiente.	-Publicaciones sin asesoramiento externo. -Artículos científicos publicados antes del 2016 sin validez. -Artículos científicos con una metodología no definida o no coherente con los objetivos.
Análisis del efecto de la presencia de metales pesados en aguas subterráneas causado por lixiviados de vertederos municipales.	¿Cuál es el efecto de la presencia de metales pesados en aguas subterráneas causado por lixiviados de vertederos municipales?	METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS	- Arsénico - Cadmio - Plomo - Níquel	-Investigaciones científicas con conclusiones coherentes y relacionadas a lixiviados de vertedero a cielo abierto o relleno sanitario. -Publicaciones científicas relacionadas a impacto de lixiviados de aguas superficiales que alimentan a aguas subterráneas.	-Artículos científicos con uso de términos incorrectos y sin datos de editor. -Artículos científicos no indexados en una base de datos.
Determinar el tratamiento químico más eficaz en reducción de contaminantes en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios	¿Cuál es el tratamiento químico más eficaz en reducción de contaminantes en el tratamiento de lixiviados de vertedero municipal?	TRATAMIENTOS QUÍMICOS	- Tratamiento fenton. - Condiciones redox.	-Publicaciones científicas en idioma inglés o extranjero.	-Publicaciones científicas con ausencia de repetibilidad y con falta de metodología.

FUENTE: Autoría propia

ANEXO 2: Matriz de selección final de fuentes de información

N°	Cód	Idioma	Autores	Título	¿Es de base de datos indexada?	Nombre de la revista	Abreviatura de la revista	Año	Volumen	DOI	Relación con el proyecto	¿Reproducible?
1	CN-1	Portugués	Leandro C.N.	"Influência da compactação do solo sobre a produção e o potencial poluidor de lixiviados de resíduos sólidos urbanos"	Sí	Engenharia Sanitaria e Ambiental	Eng. Sanit. Ambient.	2019	24	http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019118989	Ambas tratan sobre el impacto que tiene el lixiviado como resultado de la mala disposición final de residuos sólidos. Sin embargo este trata sobre como la compactación del suelo influye en la generación de lixiviados.	Sí, porque las pruebas se hicieron con análisis de laboratorio y en más de una oportunidad (por los porcentajes)
2	ZBR PM C-5	Inglés	Zanelato, R. Bonatto, IDC Restrepo, JJB Puerari, RC Matias, WG de Castilhos Junior, AB	Toxicidad de los lixiviados de los reactores piloto que simulan un vertedero con diferentes concentraciones de AgNP	Sí	Engenharia Sanitaria e Ambiental	Engen. Sanit. Amb.	2019	24	https://doi.org/10.1590/S1413-4152201920180239	Nos brinda la forma de toxicidad que tiene los lixiviados de rellenos sanitarios que contienen nanopartículas de plata.	Si porque utiliza diversas concentraciones de nanopartículas de plata
3	YD CFF C-19	Español	Yoni Valiente Domingo Oliver Carlos [et. al.]	Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental	Sí	Sci.	Sci.	2018	21	https://doi.org/10.17268/sci.endo.2018.044	Se realiza un análisis estadístico observando la realidad de Julcán con la finalidad de determinar si la inadecuada segregación de residuos sólidos influye en la contaminación ambiental del distrito.	Si, porque utiliza un cuestionario con una población finita y se describe la metodología utilizada y va de acorde con los objetivos.
4	DM ASP JJM M-22	Inglés	Dana Adamcová Maja Radziemska Andrea Ridošková Stanislav Bartoň Pavlína Pelcová et. al.	Environmental assessment of the effects of a municipal landfill on the content and distribution of heavy metals in <i>Tanacetum vulgare</i> L.	Sí	Chemosphere	Chemosphere	2017	185	https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.060	En esta investigación se determinó el impacto que tiene un vertedero municipal al liberar lixiviados que contienen metales pesados como "...Cd, Cd, aSi como Cr, Ni y Zn se acumulan principalmente en las hojas, mientras que Co, Cu, Fe, Hg, Mn y Pb se acumulan principalmente en las raíces de <i>T. vulgare</i> .	Sí, porque utilizó la observación y la estadística para realizar la investigación y esta fue hecha siguiendo protocolos que asegura que si se realiza en otro lugar se obtengan resultados fieles a la realidad.

FUENTES: Autoría propia

ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos (Ejemplo de fichas de análisis documental)



FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL N° 1

Nombre de la investigación	“Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental”
Autor (es)	Yoni Valiente, Domingo Oliver, Carlos Franco, Frank Díaz, Francisco Méndez y Carlos Luna
Referencia según ISO - 690	AGUILAR ARTEAGA, RODOLFO, VALIENTE SALDAÑA, YONI MATEO, OLIVER LINARES, DOMINGO ESTUARDO, FRANCO CORNELIO, CARLOS ALBERTO, DÍAZ VALIENTE, FRANK ALEXANDER, MÉNDEZ COBIAN, FRANCISCO JULIO, uso inadecuado de 2018 residuos y su impacto en la contaminación ambiental [en línea]. 4. Trujillo: SCIÉND. [Consultado el 3 de mayo de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044
Número de páginas	7 páginas
Temática que desarrolla	inadecuada segregación de residuos sólidos y su impacto en el medio ambiente
Aportes a la investigación	Nos brinda información acerca de los impactos que tienen los residuos sólidos y los lixiviados en las aguas subterráneas vistos desde la perspectiva de la población beneficiaria.
Datos que evidencian	Datos sobre la percepción que tiene una determinada población acerca de la adecuada segregación de residuos sólidos.
Método de comprobación de confiabilidad y breve explicación	Se averiguó y se corroboró que los datos iniciales de la investigación son correctos y por ende el proceso de muestreo se realizó correctamente. Además, se observó que la presente investigación tiene diversas fuentes que sustentan la metodología usada.
Link de acceso o DOI	https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044

FUENTE: Autoría propia