



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que el Informe Final de Tesis Titulado “Nivel de riesgo ambiental generado por los lixiviados en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021”; desarrollado por el Bach. Emerson Napoleón Chávez Fuentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental; presenta una **SIMILITUD DEL 25% por lo que cumple** con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 120-2022-UNACH.

Chota, 19 de julio de 2023.

Atentamente

Dra. Doris Elena Delgado Tapia
Directora de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA-ENCF: Nivel de riesgo ambiental generado por los lixiviados en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	1%
9	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	

IGA0002901", R.D. N° 335-2014-MEM-DGAAE, 2020

Publicación

137

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL



**Nivel de riesgo ambiental generado por los lixiviados en el botadero
de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

AUTOR

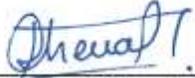
Chávez Fuentes, Emerson Napoleón.

ASESOR

M. Sc. Chávez Collantes, Azucena.

CHOTA – PERÚ

Julio, 2023


M. Sc. Azucena Chávez Collantes
CIP N° 203685
Docente UNACH

ACTA DE SUSTENTACIÓN

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

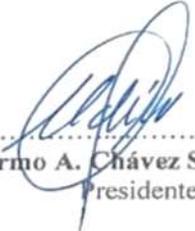
Siendo las ... 12:00 ... horas, del día 26 de mayo de 2023, reunidos los miembros de evaluación de tesis, en el auditorium de EPIFA, en forma presencial, de la Tesis titulada: "Nivel de riesgo ambiental generado por los lixiviados en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021", integrado por:

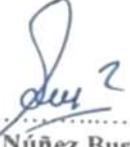
Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz	Presidente
M.Sc. Ever Núñez Bustamante	Secretario
Ing. Eisner Will Castillo Rojas	Vocal

Sustentado por el **Bach. Emerson Napoleón Chávez Fuentes**, con la finalidad de obtener el Título Profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda **aprobar** la tesis, calificándola con la nota de: 13 (TRECE), se eleva la presente acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en: Chota, 26 de mayo del 2023.


.....
Dr. Guillermo A. Chávez Santa Cruz
Presidente


.....
M.Sc. Ever Núñez Bustamante
Secretario


.....
Ing. Eisner Will Castillo Rojas
Vocal

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme una madre maravillosa y unas personas increíbles como familia, quienes me alentaron siempre para seguir adelante, con su ejemplo de superación, humildad y sacrificio; mostrándome a valorar lo que tengo.

A mi asesora, la ingeniera Azucena Chávez Collantes, quien me brindo la confianza para poder lograr mis objetivos trazados.

A los docentes de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, los cuales nos brindaron su apoyo, sus enseñanzas y sus valores, para formarme correctamente en mi carrera profesional.

A mis amigos y compañeros que estuvieron a siempre acompañándome en el transcurso del desarrollo de nuestra carrera, hoy parte de la vida.

DEDICATORIA

A mi madre, quien estuvo siempre conmigo incondicionalmente y a mi padre por el apoyo brindado en el transcurso de mi etapa universitaria.

A mis hermanos por guiarme y aconsejarme en mi proceso de estudiante y ahora como profesional.

A mis tres pequeños sobrinos, por llenarme de alegrías y llenarme de energías para seguir superándome.

A mi asesora, por brindarme su apoyo y poder realizar este trabajo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Nivel internacional	6
2.1.2. Nivel nacional.....	8
2.1.3. Nivel regional	10
2.2. Bases teóricas – científicas	11
2.2.1. Riesgo	11
2.2.2. Riesgo ambiental	12
2.2.3. Residuos sólidos	13
2.2.4. Características de los residuos sólidos.....	13
2.2.5. Clasificación de los residuos sólidos.....	14
2.2.6. Relleno sanitario.....	15
2.2.7. Lixiviados	16
2.2.8. Contaminación por lixiviados.....	24
2.3. Marco conceptual.....	25
2.3.1. Botadero.....	25
2.3.2. Contaminación.....	25
2.3.3. Efluente.....	25
2.3.4. Escorrentía	25
2.3.5. Estimación del riesgo ambiental.....	25
2.3.6. Evaluación de riesgo ambiental.....	25

2.3.7.	Daño ambiental.....	26
2.3.8.	Residuos peligrosos	26
2.3.9.	Toxicidad.....	26
2.3.10.	Vulnerabilidad	26
2.3.11.	Zona de riesgo	26
2.4.	Hipótesis	26
2.5.	Operacionalización de variables	27
CAPÍTULO III		28
MARCO METODOLÓGICO		28
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	28
3.2.	Diseño de investigación	28
3.3.	Metodología de investigación	29
3.4.	Población, muestra y muestreo	38
3.4.1.	Población	38
3.4.2.	Muestra	38
3.4.3.	Muestreo	38
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.5.1.	Base de datos de la Municipalidad Provincial de Chota	39
3.5.2.	Observación directa y documentada.....	39
3.5.3.	Instrumentos para la recolección de datos.....	39
3.5.4.	Equipos, materiales e insumos.....	40
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	41
3.7.	Aspectos éticos.....	42
CAPÍTULO IV		43
RESULTADOS Y DISCUSIONES		43
4.1.	Descripción de resultados	43
4.1.1.	Determinación del área de estudio.....	43
4.1.2.	Identificación de los puntos de acumulación de lixiviados	45
4.1.3.	Caracterización de los lixiviados generados por el botadero de residuos sólidos	47
a.	Temperatura	48
b.	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	49
c.	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	50

d. Potencial de hidrógeno (pH)	51
e. Oxígeno disuelto (OD).....	52
4.1.4. Análisis estadístico (ANOVA).....	53
4.2. Constatación de hipótesis	66
4.3. Discusión de resultados.....	67
CAPÍTULO V.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones	72
CAPÍTULO VI	74
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74
7.1. Autorización para la apertura de la zanja.....	86
7.2. Informes de análisis de muestras de lixiviados	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Comparación entre un lixiviado joven y un lixiviado viejo</i>	23
Tabla 2 <i>Operacionalización de variables</i>	27
Tabla 3 <i>Recolección de muestras, según parámetro</i>	30
Tabla 4 <i>Parámetros y métodos de detección</i>	32
Tabla 5 <i>Probabilidad de ocurrencia</i>	34
Tabla 6 <i>Gravedad de peligro</i>	34
Tabla 7 <i>Estimador del peligro</i>	35
Tabla 8 <i>Nivel de exposición y condiciones de fragilidad</i>	36
Tabla 9 <i>Nivel de exposición desde el punto de lixiviado y desde el botadero</i>	37
Tabla 10 <i>Resiliencia</i>	37
Tabla 11 <i>Evaluación del riesgo ambiental</i>	38
Tabla 12 <i>Puntos del área del botadero</i>	43
Tabla 13 <i>Coordenadas de muestreo de los lixiviados</i>	46
Tabla 14 <i>Análisis de varianza factor temperatura</i>	53
Tabla 15 <i>Análisis de varianza factor pH</i>	53
Tabla 16 <i>Análisis de varianza factor DBO</i>	54
Tabla 17 <i>Análisis de varianza factor DQO₅</i>	54
Tabla 18 <i>Análisis de varianza factor OD</i>	55
Tabla 19 <i>Porcentaje de los residuos generados en la Ciudad de Chota</i>	56
Tabla 20 <i>Estimación de la probabilidad de ocurrencia</i>	59
Tabla 21 <i>Estimación del peligro</i>	60
Tabla 22 <i>Promedio de la probabilidad de ocurrencia</i>	61
Tabla 23 <i>Promedio del nivel de gravedad</i>	62
Tabla 24 <i>Estimación del peligro</i>	63
Tabla 25 <i>Riesgo ambiental</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Clasificación de los residuos sólidos en el Perú</i>	15
Figura 2 <i>Área del botadero ubicado en el C.P. de Pingobamba Alto</i>	45
Figura 3 <i>Puntos de acumulación de lixiviados</i>	46
Figura 4 <i>Puntos de muestreo de lixiviados</i>	47
Figura 5 <i>Correlación de la temperatura</i>	48
Figura 6 <i>Correlación DBO₅</i>	49
Figura 7 <i>Correlación DQO</i>	50
Figura 8 <i>Correlación del pH</i>	51
Figura 9 <i>Correlación del OD</i>	52
Figura 10 <i>Volumen de lixiviado estimado en la zanja</i>	58
Figura 11 <i>Distancia del cuerpo de agua más cercano al botadero</i>	64
Figura 12 <i>Carta de autorización de la municipalidad provincial de Chota</i>	86
Figura 13 <i>Informe de ensayo N° IE 0622424</i>	87
Figura 14 <i>Informe de ensayo N° IE 0622424</i>	88
Figura 15 <i>Informe de ensayo N° IE 0622424</i>	89
Figura 16 <i>Informe de ensayo N° IE 0622420</i>	90
Figura 17 <i>Informe de ensayo N° IE 0622420</i>	91
Figura 18 <i>Informe de ensayo N° IE 0622420</i>	92
Figura 19 <i>Recolección de muestras para enviar a laboratorio</i>	93
Figura 20 <i>Recolección de muestras para enviar a laboratorio</i>	94
Figura 21 <i>Georreferenciación de puntos de acumulación de lixiviados</i>	95
Figura 22 <i>Georreferenciación del perímetro del botadero de residuos sólidos</i>	96
Figura 23 <i>Punto de acumulación lixiviado</i>	96
Figura 24 <i>Análisis in situ de lixiviado</i>	97
Figura 25 <i>Análisis in situ de lixiviado</i>	97
Figura 26 <i>Análisis in situ de lixiviado</i>	98
Figura 27 <i>Análisis in situ de lixiviado</i>	98

RESUMEN

La investigación se realizó en el vertedero de desechos sólidos de la ciudad de Chota, ubicada en el centro poblado de Pingobamba Alto; cuyo objetivo principal fue determinar el nivel del riesgo ambiental generado por la lixiviación del botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota. La investigación es, no experimental-comparativa, donde se georreferenció la ubicación del botadero, luego se identificó los puntos donde se depositan los lixiviados; se realizó la apertura de una zanja de 1m x 1m x 1m, para lograr una mejor representatividad de las muestras y estimar cuanto se genera durante el estudio realizado, posteriormente se analizó las características de los lixiviados del botadero, para la cual se tomaron 4L de muestra cada 15 días, para analizar los parámetros: DBO₅, DQO, OD, pH, Temperatura, Coliformes totales, Mercurio total, Plomo, Zinc, Cromo VI, Cadmio, Aceites y Grasas. De los cuales la DQO excedió los límites máximos permisibles, adaptado de la Guía de evaluación del riesgo ambiental (MINAM,2010); seguidos del pH y DBO₅ los cuales presentan un nivel de riesgo medio y por último la temperatura, OD, Cadmio total, Cromo VI, Mercurio total, Plomo total, Zinc total, Coliformes totales, Aceites y grasas, los cuales mostraron un bajo nivel de riesgo ambiental. Después de realizar el análisis de los parámetros, se efectuó la identificación del riesgo ambiental generado por los lixiviados del botadero de desechos sólidos, evidenciando que el riesgo ambiental es BAJO, por la cual se refuta la hipótesis nula.

Palabras clave: Lixiviado, riesgo ambiental, residuos sólidos, peligro, vulnerabilidad.

ASBTRACT

The investigation was carried out in the solid waste dump of the city of Chota, located in the populated center of Pingobamba Alto; as the main objective of evaluating the level of environmental risk generated by the leaching of the solid waste dump in the city of Chota. The research is not experimental-comparative, where the location of the dump was georeferenced, then the points where the leachates are deposited were identified; A 1 m x 1 m x 1 m ditch was opened, to achieve a better representativeness of the samples and estimate how much is generated during the study carried out, later the characteristics of the leachate from the dump were analyzed, for which 4L of sample every 15 days, to analyze the parameters: BOD₅, COD, DO, pH, Temperature, Total Coliforms, Total Mercury, Lead, Zinc, Chromium VI, Cadmium, Oils and Fats. Of which the COD exceeded the maximum permissible limits, adapted from the Environmental Risk Assessment Guide (MINAM, 2010); followed by pH and BOD₅ which present a medium level of risk and finally temperature, DO, total Cadmium, Chromium VI, total Mercury, total Lead, total Zinc, total Coliforms, Oils and fats, which showed a low level of environmental risk. After carrying out the analysis of the parameters, the identification of the environmental risk generated by the leachates from the solid waste dump was carried out, the results obtained were that the environmental risk is Low, refuting the research hypothesis.

Keywords: Leachate, environmental risk, solid waste, danger, vulnerability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del problema

Al generar desechos sólidos, nos origina grandes problemas ambientales que enfrentamos actualmente, desde la eliminación de estos desechos sólidos municipales en botaderos, los cuales generan lixiviados con un gran poder contaminante; ocasionando severos impactos ambientales en el recurso hídrico superficial y subterráneos (Pellón et al., 2015). La Administración del Medio Ambiente en Estados Unidos, identificó doscientos componentes diferentes presentes en los lixiviados provenientes de botaderos de desechos sólidos urbanos (Cobos y Costa, 2011. p. 17).

Perú, en el 2014; originó 7 497 482 de toneladas de residuos domésticos, donde el 64% fueron residenciales y el 26% comerciales, con respecto a su composición los desechos sólidos generados, cabe destacar que el 53% de los desechos sólidos fueron residuos orgánicos, 19% residuos no reciclables y 29% residuos reciclables (MINAM, 2016). La lixiviación es un factor negativo en el funcionamiento de los rellenos sanitarios, siendo fluidos oscuros altamente contaminados; se forman principalmente por la descomposición de residuos degradables, también inorgánicos y por escurrimientos de las aguas de lluvia (Becerra et al., 2021). En la región Cajamarca, durante el 2018, año donde se generó 151 mil toneladas de residuos municipales, teniendo un volumen de producción de 414,90 t día⁻¹, donde cada habitante generó 0,64 kg al día (SINIA, 2019). Todos estos desechos sólidos son dispuestos en la infraestructura de procesamiento de desechos sólidos de Cajamarca, donde presenta un sub dimensionamiento visible, la gestión de lixiviados, es uno de los temas más importantes debido a la capacidad del tratamiento se vuelve menos eficiente y las opciones para su disposición final, consecuentemente en muchos casos,

dirigen los excedentes de material al exterior, algunos se hunden en el suelo y otros flotan en la superficie; convirtiéndose en uno de los procesos de contaminación más álgidos (González, 2018).

Con respecto a ciudad Chota, alcanzó los 10 662,85 kg por día⁻¹; de los cuales el 59,16% corresponden a viviendas, el 24,09% a establecimientos comerciales y el 16,31% por barrido de calles (Cárdenas, 2017). Si prestamos más atención a las propiedades de los residuos sólidos en Chota; podríamos señalar que están conformados por 18 componentes, siendo los residuos orgánicos los de mayor cantidad; de estos, se generan un 60,37% en domicilios, le siguen los residuos sanitarios, principalmente pañales, que representaron el 7,25%, la madera y hojas el 4,82%, las bolsas de plástico el 4,62%; asimismo, la concentración de los desechos sólidos domiciliarios es de 108,07 kg m⁻³ y con humedad de 60,37%. (Rabanal, 2017). Actualmente los desechos sólidos generados por la población de Chota son enterrados en un vertedero municipal, ubicado en la comunidad de Pingobamba Alto a 8 km del distrito de Chota, a unos 20 minutos en movilidad motorizada, está ubicada también la infraestructura de valorización de los desechos orgánicos y la cual también es utilizada como vertedero de los desechos domiciliarios de la ciudad de Chota.

El propósito de realizar el estudio, es brindar información básica para futuros proyectos sobre formación de lixiviados, originados por los desechos municipales en países subdesarrollados y así generar alternativas para su tratamiento y compensar cualquier tipo de contaminación que pueda perjudicar la sustentabilidad de la población.

El principal objetivo consistió en predecir el riesgo ambiental generado por la lixiviación del botadero de los desechos sólidos de la ciudad de Chota, 2021; del mismo modo los objetivos específicos fueron: a) Identificar las características de los lixiviados del botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021, b) Estimar el peligro generado en el botadero de desechos

sólidos de la ciudad de Chota, 2021 y c) Estimar la vulnerabilidad ambiental existente en el área circundante al botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021; esto se logró con el análisis de los parámetros seleccionados y posteriormente enviados a los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota y al laboratorio Regional del Agua Cajamarca.

Para explicar mejor la tesis, el texto completo se divide en siete capítulos.

Capítulo I. Esta sección presenta la introducción, mencionando de manera general la problemática, la justificación, los objetivos conseguidos y la hipótesis.

Capítulo II. Esta sección presenta al marco teórico, donde se muestran los antecedentes, bases teóricas y el marco conceptual de la investigación.

Capítulo III. Esta sección presenta al marco metodológico, señalando la ubicación, población y muestra, equipos, materiales e insumos, metodología de la investigación y el análisis estadístico.

Capítulo IV. Esta sección presenta los resultados y discusiones obtenidos en la investigación, siendo interpretados de manera apropiada.

Capítulo V. Esta sección presenta conclusiones y recomendaciones en función a los objetivos planteados.

Capítulo VI. Esta sección contiene las referencias bibliográficas, donde hallamos a los autores citados en el presente estudio, aplicando las normas APA.

Capítulo VII. Se muestran los anexos e información que apoya a la investigación: como son las fotografías y resultados de laboratorio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de riesgo ambiental generado por los lixiviado en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021?

1.3. Justificación

Perú, presenta grandes problemas al medio ambiente, donde impactan con frecuencia al bienestar de la población y el rendimiento de la población, especialmente a los de bajos recursos; exponiendo así el bienestar de las actuales generaciones y también de las futuras (Bustíos, et al., 2013). La generación de desechos sólidos es el resultado del crecimiento, el cual es uno de los grandes problemas actuales, que se van acentuando como consecuencia de no contar con un eficaz manejo. Sin un manejo adecuado, la generación de estos desechos sólidos, produce lixiviados, por otro lado, crea problemas ambientales que tienen soluciones limitadas; evidenciándose que, en épocas del año más lluviosas, los lixiviados llegan a rebasar, si no se maneja adecuadamente, absorbe diversos materiales, contamina el suelo, las aguas superficiales y subterráneas, deteriora e impacta la salud pública (Lapeyre y Pequeño, 2019).

Somos conscientes que la cantidad de desperdicios generados a diario en la ciudad de Chota, viene siendo uno de los factores principales en los problemas ambientales, sobre todo si no se gestiona de manera efectiva su tratamiento y disposición final; además, las medidas limitadas de aislamiento de segregación a la fuente, dan como resultado que la carga ecológica se mezcle con otras sustancias o compuestos de otros desechos sólidos, lo que aumenta la carga de contaminación de las aguas residuales y causa un mayor impacto al recursos hídricos (Gómez, 2018).

Por otro lado, uno de los problemas es la escasa información que se tiene sobre riesgos de la lixiviación procedentes de los residuos sólidos, los cuales contienen cargas tóxicas que se disipan en el suelo y agua; por lo que, el siguiente estudio de investigación, pretende evaluar el riesgo ambiental que genera los lixiviados originados por el botadero de la ciudad de Chota, pudiendo ser usado como antecedente de futuras investigaciones y permitir su manejo de forma adecuada, evitando así los problemas a salud y ambiente.

El presente estudio de investigación, justifica su valor técnico científico, en la búsqueda y construcción de información validada a través del monitoreo y rigor científico, la cual facilite decidir en la toma de decisiones para mejor manejo y procesamiento de los residuos sólidos de la provincia de Chota; a fin de contribuir con el bienestar de la población, evitando en todo momento la fragmentación de la calidad del ambiente en las áreas donde actualmente se vierten los residuos sólidos y de esta manera tener presencia de la universidad en la gestión ambiental.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el nivel de riesgo ambiental generado por los lixiviados en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las características de los lixiviados del botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021.
- Estimar el peligro generado en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021.
- Estimar la vulnerabilidad ambiental existente en el área circundante al botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Las investigaciones seleccionadas para los antecedentes de este estudio, fueron tomadas en cuenta, donde los lixiviados tienen un nivel de impacto sobre el ambiente, los cuales son un problema durante el tratamiento, especialmente en su disposición final; convirtiéndose en rellenos sanitarios o botaderos. Para la cual se utilizaron artículos y tesis del banco de datos de Scielo, Redalyc, Sciencedirect y Google Académico.

2.1.1. Nivel internacional

Reina (2011), realizó la caracterización fisicoquímicas, inorgánicas y orgánicas de la lixiviación procedente del vertedero sanitario “La Bonanza” – Caracas, la caracterización se realizó evaluando los parámetros físico-químicos, pH, conductividad, temperatura, alcalinidad y la presencia de material orgánico; encontrando en mayor concentración: Na^+ , k^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- y sílice disuelta (SiO_2); además del porcentaje de carga orgánica. La investigación evidencia que los resultados obtenidos en cada parámetro analizado, no son característicos de los lixiviados con antigüedad de más de 10 años, esto implica que el lixiviado recolectado en las diferentes celdas se constituye en una homogenización de lixiviados recientes y antiguos; concluyendo que se tiene mayor concentración de Na^+ , k^+ , NO_3^- , Cl^- , las cuales se consideran de riesgo para los suelos y las aguas subterráneas.

Quintero (2016), investigó los impactos que produce la lixiviación de los desechos sólidos en suelos tropicales de la ciudad de Medellín-Colombia; realizando su caracterización geotécnica, aplicadas en dos muestras de suelo expuestas a residuos sólidos durante 15 años para comprender

las propiedades físico-químicas, estructurales, mecánicas y mineralógicas; concluyó que el suelo presento significativos cambios en las propiedades físico-químicas, estructurales, hidráulicas y mineralógicas y deterioro de sus indicadores geotécnicos; por lo que es un material inestable y susceptible a las condiciones externas; además, señaló que los lixiviados pueden ingresar a las características del agua debido a su contacto permanente por infiltración y/o escorrentía, representando una potencial fuente de contaminación hidrogeológica.

Ghosh et al. (2017), elaboraron una revisión sistemática que permita tener una base de información para evaluar la toxicidad, con una variedad de criterios de valoración y sensibilidades que ofrezcan información más completa sobre el riesgo causada al ambiente, producto de los lixiviados del vertedero sanitario sobre ecosistemas en su conjunto, incluidos los seres humanos; reveló, que el vertido de desechos es una actividad de la gestión de desechos sólidos más común; representando un riesgo ambiental potencial para el recurso hídrico superficiales y subterráneas, debido a contaminantes del relleno sanitario posiblemente por su lixiviación, concluyendo que, si bien los lixiviados representan un alto valor de contaminación del agua y suelo expuesto; debe considerarse procesos de evaluación enmarcados en conjunto de bioensayos para la caracterización ecotoxicológica generado por los lixiviados, dado que un conjunto de bioensayos consta de organismos de diferentes niveles tróficos estimando con mejor precisión de las consecuencias de los compuestos tóxicos presentes en muestras de lixiviados.

En Malasia y Asia, se desarrolló una investigación que permitió contrastar la carga toxica del lixiviado a partir del análisis del diseño de la infraestructura y la disponibilidad de su tratamiento, donde se muestra frecuentemente grandes volúmenes de agua con valores de pH extremos, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO) muy inestables, presencia de sales inorgánicas y alta toxicidad, concluye que su composición cambia

con el tiempo y el espacio, un vertedero específico afectado por factores como la composición de los desechos, las prácticas de eliminación (perfilado y compactación de los desechos sólidos), las condiciones climáticas locales, las condiciones fisicoquímicas del vertedero, la biogeoquímica y la edad de depósito de los desechos; los cuales hacen posible la presencia de cargas tóxicas en suelo y agua de las áreas en presión (Anuar et al., 2017).

En China, se evaluó el comportamiento de los lixiviados y la generación del riesgo ambiental de metales tóxicos en vertederos maduros de lixiviados; señalando que los lixiviados presentes en los vertederos están cargados con Pb, Zn, Cr, Cu, Cd, en concentraciones considerables y ejercen una presión sobre las características de los espacios donde se presencian. Los métodos usados, se basaron en el análisis de 8 vertederos pilotos, los cuales estuvieron cargados de material de desecho como papel, cartón, vidrio, restos orgánicos, entre otros; que facilitaron el proceso de aceleración, transformación y estabilización. El estudio concluyó que la presencia de cenizas volantes de incineración de los desechos facilita un proceso de neutralización y disminución de las cargas contaminantes (Li et al., 2021).

2.1.2. Nivel nacional

Sánchez (2020), encontró que los lixiviados del botadero de Carhuashjirca ubicado en la ciudad de Huaraz, ocasionan un gran impacto al cuerpo de agua del río Vientojirca; donde su composición natural es alterada debido a que se encontró contaminantes microbianos, bioquímicos y de metales totales; concluyó que los parámetros microbianos, bioquímicos y de metales pesados superan los LMP normados por el D.S. N003 - 2010 – MINAM: los límites máximos permisibles establecidos para las aguas residuales; aprobados para las aguas residuales en la gestión de desechos sólidos; por lo que se han convirtieron estos lixiviados en un potencial contaminante en el río Ventojica.

Rojas (2016), evaluó la calidad fisicoquímicas de los cuerpos de agua cercanas al Relleno Sanitario Cancharani-Puno, afectadas por la descarga de lixiviados del relleno sanitario los desechos producidos, demostrando su inadecuada disposición de los desperdicios, los cuales generan impactos negativos en el bienestar de las personas en la región de Cancharani; concluyó que, las muestras tomadas de partes aledañas al relleno sanitario de Cancharani se encuentran contaminadas con lixiviados provenientes de los desechos sólidos, puesto que no cumplen con los valores de calidad del agua para la protección del medio ambiente acuático (D.S. No. 015-2015-MINAM, categoría 4), donde los valores como: los sólidos disueltos totales, fósforo total, nitrógeno amoniacal, DBO₅ y DQO se encuentran sobre los límites máximos permisibles.

Lozano (2017), realizó su investigación en la cual evaluó los peligros ambientales en el distrito de Lari, Arequipa, por la disposición final de los desechos sólidos; donde describió previamente el procesamiento de los desechos sólidos y la forma de su eliminación definitiva, señalando que en el botadero se llevan a cabo actividades de quema y entierro de los residuos, actividades que representan un riesgo ambiental significativo, debido a que generan gases tóxicos, vectores y lixiviados; centrando su preocupación en este último, debido a que representan una alteración permanente sobre la naturalidad de la calidad del agua del río Colca, la investigación concluye indicando que la ausencia de instrumentos de gestión de los desechos contribuyen a la generación de problemas medioambientales, considerando grave la generación de lixiviados por la ubicación cercana del botadero al río Colca, que escasamente se ubica a tres metros, facilitando el proceso de infiltración y fragmentando su calidad.

En Huancayo, específicamente en el botadero “El Porvenir”, se investigó el impacto ambiental del manejo de desechos sólidos; debido a la eliminación definitiva de 180 toneladas de residuos de manera diaria; lo que representa un álgido problema para las condiciones ambientales

del lugar; para la identificación del impacto generado, se basó en la valoración cuantitativa propuesta por Vicente Conesa; partiendo por la identificación de las características del botadero y analizando el comportamiento de los principales procesos contaminantes (Material particulado, lixiviados y presencia de residuos); concluyendo que la generación de lixiviados se considera un impacto negativo severo, el cual se genera por la mala gestión de los desechos sólidos en el proceso de su última disposición ; provocando una filtración permanente al suelo y pudiendo ser arrastrado hasta las fuentes de agua, presentado una carga toxica y altamente contaminante (Chucos, 2020).

2.1.3. Nivel regional

Gonzáles (2018), evaluó los riesgos ambientales que presenta la infraestructura del procesamiento de los desechos sólidos de la ciudad de Cajamarca; de acuerdo con la estimación de riesgo ambiental de cargas tóxicas, mantuvieron los parámetros un de riesgo bajo, riesgo medio y riesgo significativo, tales como DBO, cobre total, cromo hexavalente, hierro, demanda biológica de oxígeno, aceites y grasas; concluyendo que, con base en el perfil de peligrosidad de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, las escenas de peligrosidad, el grado de riesgo ambiental derivado del mala gestión de los lixiviados en las instalaciones del procesamiento de los desechos sólidos, fue significativo.

Gallardo y Pichén (2019), evaluaron el procesamiento de la parte orgánica de los lixiviados en la instalación del manejo y eliminación definitiva de los desechos sólidos de Cajamarca, en la cual se recogieron muestras de: DBO₅, la DQO y el pH; donde se realizó sus análisis, concluyó, que al verificar los análisis de laboratorio, se encontró una carga altamente toxica, para el DBO₅, la cual excedió en más del 3000%, según a lo indicado en el D.S. N°012-2017-MINAM, además de haber encontrado valores de pH que van entre 6,5 y 8,5; generando una presión constante de contaminación al agua y suelo.

Montalvo y Quispe (2018), estudiaron la calidad del agua, del río ubicada en la comunidad de San José de Canay en Cajamarca; por ser un área sujeta a cambios por lixiviados de rellenos sanitarios; se colocaron sitios de muestreo en la bocatoma del río cerca del botadero y al final de la bocatoma del río, donde se evalúan los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua como: metales disueltos, metales totales y coliformes termotolerantes, donde se contrastaron con los estándares de calidad ambiental del agua, siendo de categoría (3), las cuales son utilizadas para irrigación e hidratación de animales; concluyendo que la DBO₅, excede a lo contemplado en los estándares de calidad ambiental, pudiendo generar un deterioro de la biodiversidad de la quebrada por alteración del oxígeno presente.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Riesgo

Probabilidad para causar daño y pérdidas como resultado a las condiciones de vulnerabilidad y el nivel de impacto de un peligro (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2015). Ocurre cuando el peligro que antes era una probabilidad, se materialice; es decir, cuando realmente se producen pérdidas en la economía, materiales, vidas; por lo tanto, es principalmente el resultado de la falta de reducción o control de los factores (amenazas y vulnerabilidades) que crean el riesgo. Por eso se afirma que un desastre es un riesgo no manejado (Quispe, 2016)

Es necesario mencionar, que un riesgo está en función del peligro y la vulnerabilidad (CENEPRED, 2015).

$$R = P \times V$$

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro o Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

De acuerdo con Romero et al. (2010) riesgo ambiental pueden categorizarse por factores de distintas maneras, por ejemplo:

- En función del escenario por donde se produce el riesgo:
 - Agua.
 - Alimentos.
 - Aire.
 - Suelo.
- En función del agente específico donde se genera el riesgo:
 - Agentes biológicos patógenos (virus, bacterias, hongos, etcétera).
 - Agentes o sustancias químicas (COPs, HAPs, etcétera).
 - Agentes físicos: ruido, vibraciones, radiaciones, etcétera.
- En función de la naturaleza del riesgo:
 - Riesgos químicos y toxicológicos.
 - Riesgos físicos mecánicos y no mecánicos.
 - Riesgos microbiológicos.
 - Riesgos entomológicos.

2.2.2. Riesgo ambiental

Refleja la posibilidad de producir una situación peligrosa provocada naturalmente o por el hombre, que repercuta de modo directo o indirecto al entorno y su biodiversidad, en un lugar y momento determinado (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010). El riesgo ambiental es la posibilidad de daño a los objetos, a las personas y al medio ambiente. Por lo tanto,

matemáticamente, el riesgo se expresa como el producto de la probabilidad de un accidente y las pérdidas que este pueda ocasionar (Delgado, 2007).

2.2.3. Residuos sólidos

MINAM (2017) son considerados como sustancias, productos o sus derivados sólidos, semisólidos que son dispuestos por sus generadores o que requieren ser dispuestos por las normas nacionales, o riesgos que representan para el bienestar poblacional y el medio ambiente, también hace referencia a los residuos generados por eventos naturales. Por lo general, se considera que no tienen valor económico y, a menudo, se los denomina "desechos", donde es importante recalcar que la ley también considera materiales semisólidos (como lodo, fango, sangre, etc.) y también ocasionados naturalmente tal como son las precipitaciones, derrumbes, y otros más (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

2.2.4. Características de los residuos sólidos

A. Características físicas

Maldonado (2002), señala que las propiedades físicas de los desechos sólidos están dadas por:

- a. Estructura gravimétrica: Refiriéndose al peso en porcentual que tiene un tipo de desecho en específico sobre el total de residuos sólidos generados.
- b. Peso específico: Equivalencia entre el peso, y, el volumen que ocupan los desechos.
- c. Compresibilidad: Soporte que tienen los desechos debido a una presión aplicada, lo cual resiste un determinado volumen de desechos.
- d. Producción per cápita: Cuantificación que genera a diario una persona, expresado en Kg $\text{hab}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

B. Características químicas

Gómez (2018), señala que las propiedades químicas de los residuos sólidos están dadas por:

- a. Poder calorífico: Parte del calor emitido por materiales que son sometidos a su incineración.
- b. Potencial de Hidrógeno (pH): Señala el valor cuando es ácido o alcalino que alcanzan los desechos.
- c. Composición química: Indica y establece la presencia de diferentes componentes químicos en los desechos mediante un análisis químico.
- d. Relación carbono/nitrógeno: Señala el nivel de degradación de la fracción orgánica en el tratamiento y eliminación final.

C. Características biológicas

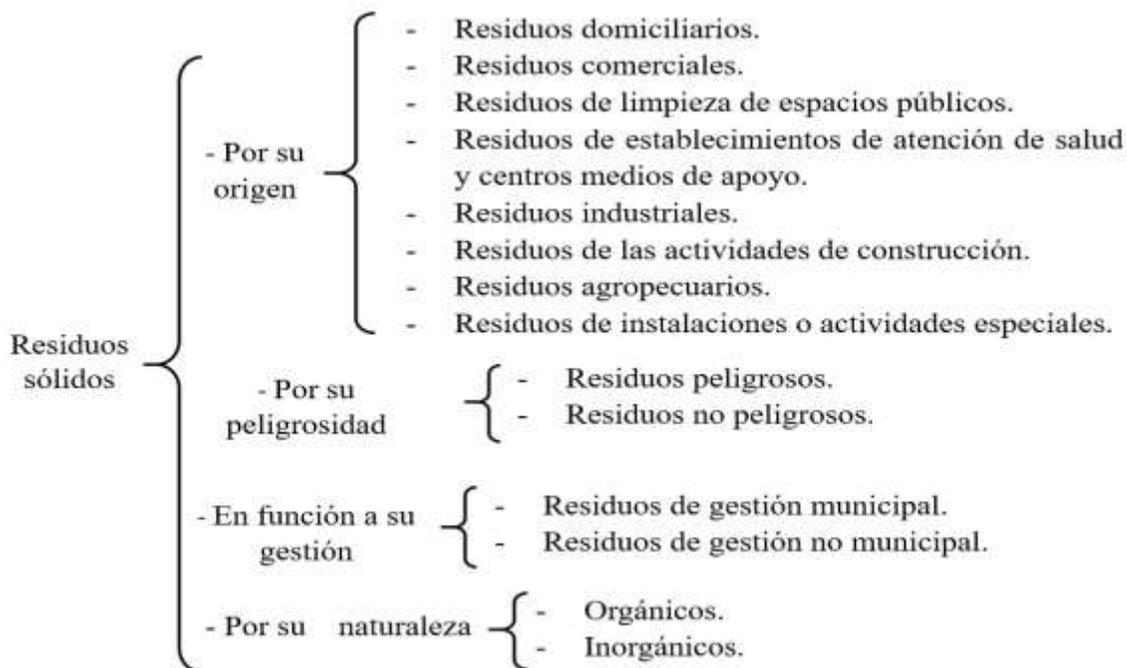
Gómez (2018), afirma: “Esta característica se refiere a las diferentes poblaciones de microorganismos y patógenos presentes en una muestra de desechos sólidos, según lo determinado por análisis microbiológicos de laboratorio”.

2.2.5. Clasificación de los residuos sólidos

De acuerdo con la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (MINAM, 2022), los residuos sólidos se clasifican según la siguiente manera:

Figura 1

Clasificación de los residuos sólidos en el Perú



Fuente: Adaptado en base a la OEFA, 2014. Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal.

2.2.6. Relleno sanitario

Ullca (2005), lo precisa como un conjunto de procedimiento para el procesamiento de desechos sólidos muy utilizada en la región, la cual implica enterrar capas de residuos compactados en terrenos previamente aislados para evitar contaminar acuíferos y cubrirlos con capas de tierra; teniendo como ventaja los rellenos sanitarios sobre otros métodos de eliminación de desechos es su capacidad para rehabilitación de terrenos abandonados y terrenos considerados improductivos o marginales debido a la explotación de minas o canteras; otras ventajas de los rellenos sanitarios son: baja inversión en comparación con otros métodos de tratamiento; creación de puestos de trabajo para trabajadores no calificados, de capacidad flexible; para recibir residuos adicionales y usando el metano como fuente de energía alternativa; los vertederos mal ubicados y/o mal

construidos generan impactos sobre la ecología y afectar la estética, la salud pública y la salud ocupacional.

2.2.7. Lixiviados

Líquido producido principalmente por la escorrentía de las lluvias, que se filtran a por los materiales de cobertura hacia las capas de desechos y transporta grandes cantidades de material orgánico en estado de degradación y otros contaminantes; otros aspectos que favorecen a la formación de lixiviados son los desechos que contienen agua, el agua descompuesta y la filtración de aguas subterráneas (MINAM, 2008). Es el jugo producido como resultado de la eliminación de líquidos durante la eliminación de residuos; es decir, un líquido que fluye a la superficie o se filtra en el suelo sobre el que se encuentra el vertedero o botadero (Méndez et al., 2009).

Los lixiviados se consideran el principal contaminante de los vertederos, y además contienen materia disuelta, suspendida, inmóvil o volátil, resultando en una alta carga orgánica (Corena, 2008). Gonzáles (2018), afirma que la infiltración contiene elementos que pueden causar efectos nocivos para la salud, por lo que debe ser tratada de acuerdo a ciertos parámetros y procesos especiales.

A. Generación de lixiviados

Cuando los desechos sólidos ingresan a un vertedero, comienzan a descomponerse a través de procesos químicos complejos; así, el líquido lixiviado filtrado se forma como producto de esta descomposición, afectan la salud humana que se encuentran a su alrededor; porque se forman cuando los líquidos (agua de lluvia) donde escurre por la materia durante su descomposición. Cuando un líquido fluye, disuelve algunas sustancias, llevando consigo partículas y otros elementos (Corena, 2008).

B. Composición de lixiviados

Su composición depende al tipo de residuos contenidos, al nivel de descomposición del residuo y el volumen de producción; al mismo tiempo, los líquidos generados por la reacción bioquímica y el proceso de filtración no se pueden separar. Cualquier cambio en la estructura y composición del vertedero afectará el flujo y el almacenamiento del agua, donde el agua y los procesos que tienen lugar en el vertedero interactúan entre sí (Novelo et al., 2004).

El problema de la composición de los lixiviados y sus variaciones (en función de los residuos que genera, la ubicación del vertedero y su evolución en el tiempo) dificultan el desarrollo de un sistema de tratamiento completo (Narea et al., 2011).

C. Características de los lixiviados

El lixiviado tiene altos contenidos de materia degradable, nitrógeno, fósforo, siendo rico en bacterias que causan enfermedades, metales pesados, compuestos orgánicos y otras sustancias tóxicas; sus propiedades físico-químicas y biológicas en lixiviados son el resultado de reacciones que ocurren en los rellenos sanitarios y son estas, las cuales sirven como guía al desarrollo de un tratamiento adecuado (Giraldo, 2016). También presentan metales pesados (MP) que son parte de los contaminantes contenidos en los lixiviados, los cuales resultan la descomposición de residuos sólidos urbanos (RSU) y pueden ocasionar graves problemas ambientales debido a su toxicidad (Hernández et al., 2012).

a) **Parámetros físicos**

pH: Es el valor que se utiliza para indicar la acidez de una sustancia, si es neutra o alcalina, donde se cuenta la cantidad de iones de hidrógeno que contiene, la cual se mide en un intervalo de 0 a 14, y si el valor es 7, el compuesto es neutro; un pH menor a 7 señala que la sustancia es ácida y si es mayor a 7 indica una sustancia alcalina; si una sustancia es neutra, contiene la misma cantidad de átomos de hidrógeno y átomos de hidroxilo; si el número de átomos de hidrógeno (H^+) excede el número de átomos del grupo hidroxilo (OH^-), la sustancia es ácida (Barrenechea, 2005).

El Ministerio de Agricultura y Riego (2018), lo define como el número de dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato, la concentración apropiada favorece que se reproduzcan y desarrollen los organismos acuáticos, pero es bastante estrecho y crítico, y la mayoría de las aguas oscilan entre 6,5 y 8,5.

Temperatura: El parámetro más importante en el agua, el cual puede acelerar o ralentizar la acción biológica, el uso de O_2 , la precipitación de sustancias, la generación de depósitos, las etapas de purificación y mezcla; el agua a alta temperatura en la fuente receptora puede causar riesgo a la flora y fauna, reproducción de especies y aumentar la reproducción de bacterias y otros organismos no nativos (Frías y Montilla, 2016)

Sólidos suspendidos totales (SST): Estas partículas pequeñas de los contaminantes sólidos insolubles que sobresalen en las superficies o estancadas en aguas residuales u otros fluidos, no se pueden eliminar por métodos convencionales, estos son los que flotan entre la superficie y el fondo de las aguas residuales, se pueden eliminar física o mecánicamente mediante métodos de filtración o sedimentación; incluyendo partículas líquidas más grandes como arcillas,

sólidos fecales, trozos de papel, productos arbóreos en degradación, porciones de alimentos y residuos, donde el 70% son orgánicos y el 30% inorgánicos (Espitia, 2017).

Sólidos disueltos totales (SDT): Estos son llamados también sólidos filtrables y se logran tras la evaporación de una muestra inicialmente filtrada, contienen sólidos en solución real y sólidos coloidales que no se retienen por filtración, ambas partículas menores a una micra. (Barrenechea 2005). Teniendo en cuenta a Valle (2013), menciona que las lixiviaciones de los vertederos sanitarios concentran muy altas cantidades de sólidos disueltos totales, hasta 5000 mg L⁻¹, donde dificulta su tratamiento biológico.

b) **Parámetros químicos**

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es el oxígeno utilizado para la degradación de sustancias orgánicas en oxidantes específicos, temperatura y condiciones climáticas; puede determinar las condiciones de biodegradación y el contenido tóxico y se usa ampliamente para calcular la materia orgánica de aguas residuales urbanas e industriales (Raffo y Ruiz, 2015).

Oxígeno Disuelto (OD): Es el oxígeno diluido en el agua, siendo la fuente de energía para el desarrollo y producción de los organismos; si existe contaminación orgánica, el oxígeno disuelto presentará un porcentaje menor, el oxígeno disuelto indica si el organismo cambia, si se produce de forma aeróbica o anaeróbica. organismos en el caso de organismos aeróbicos, utilice O₂ disuelto para oxidar materiales orgánicos e inorgánicos hasta obtener un producto final inocuo. Por otro lado, los organismos anaeróbicos utilizan O₂ diluido en sales inorgánicas como los sulfatos, cuales muchas veces producen compuestos peligrosos, por lo que es importante mantener siempre las condiciones aeróbicas, evitar la presencia de elementos anaeróbicos las cuales incrementará la demanda de oxígeno (Peña, 2015).

Mercurio total (Hg): El mercurio es un elemento de color plateado brillante, que está en forma líquida a temperatura ambiente, el cual es un problema ambiental cuando es liberado de las rocas a la atmósfera y al agua; estas liberaciones pueden ocurrir de forma natural; los volcanes y los incendios forestales pueden liberar este elemento al ambiente, pero las actividades humanas provocan la mayor parte de la liberación de mercurio (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2023).

Plomo total: Elemento tóxico, donde el uso extendido de este metal ha causado impactos negativos al ambiental y problemas de salud en diversas localidades del planeta; es un veneno que se acumula y afecta diferentes sistemas del cuerpo, incluso al sistemas cardiovascular y nervioso, sistema sanguíneo, sistema digestivo y también al renal; los niños generalmente son susceptibles a los impactos neurotóxicos del plomo, los cuales pueden causar daños neurológicos significativos y, a veces permanentes, a niveles de exposición relativamente bajos (Organización Panamericana de la Salud, 2022)

Zinc: Es un elemento muy abundante en la superficie terrestre y lo encontramos tanto como en el aire, el suelo, agua y en todos los alimentos como elemento puro (o metal), el zinc es un metal blanco azulado brillante; exposición al medio ambiente como resultado de actividades naturales y humanas, por ejemplo: minería, procesamiento de materiales y producción de acero, carbón y quema de desechos; estas actividades aumentan la cantidad de zinc en la atmósfera y, por lo tanto, afectan el entorno en el que se encuentran (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2005).

Cromo VI: El cromo 6, también llamado cromo hexavalente (Cr6), se encuentra de forma tóxica de cromo metálico; aunque hay formas menos tóxicas de cromo, las cuales se encuentran naturalmente en el medio ambiente (suelo, rocas, polvo, plantas y animales), los cromos

hexavalentes se procesan principalmente mediante procesos industriales (Science for a Healthy California, 2016)

Cadmio: El cadmio no es un metal puro en el medio ambiente, se encuentra naturalmente en los minerales de zinc, plomo y cobre como óxidos complejos, sulfuros y carbonatos, también se encuentra en el cobre, sus diversas aplicaciones en galvanoplastia y pigmentos en la producción de plásticos, tintes, pinturas y cerámicas, también en la fabricación de baterías de níquel, cadmio, etc; han llamado la atención por su excelente resistencia a la corrosión y propiedades electroquímicas. La exposición frecuente a metales pesados en el trabajo y en el medioambiente genera importantes riesgos para la salud (Pérez y Azcona, 2012).

Aceites y grasas: Estos son sustancias lipídicas, con la característica de no mezclarse con el agua permaneciendo en la superficie, por lo que cuando aparecen cremas y espumas dificultando su tratamiento fisicoquímico, donde se deben eliminar previamente al comienzo de los pasos de procesamiento; a base de agua: flotación (flotando en la superficie) y emulsificación (disolver) (Díaz, 2017).

c) **Parámetros biológicos**

Los parámetros biológicos, Están asociados con microbios, especialmente bacterias y virus que causan enfermedades. Para clasificar el agua según sus propiedades microbiológicas, los valores se determinan según el uso previsto y los requerimientos de higiene; muchos de los países establecen valores, los cuales están especificados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) adaptándolas según sus condiciones nacionales (Cardona y García, 2008).

Coliformes termotolerantes (Fecales): Este parámetro se origina en aguas superficiales producto de la presencia de contaminación fecales, los cuales son productos domésticos y son

arrojados sin ningún procesamiento y la ineficiente disposición de residuos sólidos, donde todo esto termina vertidos en los ríos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

Coliformes totales: conforman estas bacterias las Gram-negativas, tanto aerobias y anaerobias facultativas, las cuales no forman de esporas con forma de bastoncillos que transforman la lactosa, forman gas y ácido dentro de las 48 horas a una temperatura de 35°C y reaccionan con las sales biliares y otros agentes tenso activos; este material se puede encontrar en las heces y la naturaleza; como en agua ricas en nutrientes, corteza terrestre y vegetación en degradación; también rara vez o ninguna vez se encuentran en las heces, pero se multiplican sobre medios acuáticos. (DIGESA, 2016).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): Parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido por la descomposición del material orgánico en la escorrentía hídrica o sustancias líquidas, oxígeno utilizado para oxidar materia orgánica, oxígeno consumido por el crecimiento de animales y plantas acuáticas, residuos contaminantes que requieren oxígeno, afectan el flujo de agua y estancamiento de los cuerpos de agua (Raffo y Ruiz, 2015).

D. Clasificación de los lixiviados

Reina (2011) menciona que la clasificación de los lixiviados “se obtiene con el tiempo de los rellenos sanitarios, por lo que el grado de estabilización de los residuos tiene un efecto en la composición del lixiviado. Estos lixiviados se pueden dividir en lixiviados nuevos, lixiviados intermedios y lixiviados estables”.

Tabla 1*Comparación entre un lixiviado joven y un lixiviado viejo*

Constituyente	Valor (mg L ⁻¹)	
	Relleno nuevo (< 2 años)	Relleno viejo (> 10 años)
DBO ₅	10, 000	100 – 200
COT	6, 000	80 – 160
DQO	18, 000	100 – 500
Sólidos totales suspendidos	500	100 – 400
Nitrógeno orgánico	200	80 – 120
Nitrógeno amoniacal	200	20 – 40
Nitrato	25	5 – 10
Fosforo total	30	5 – 10
Orto fosforo	20	4 – 8
pH	6	6,6 – 7,5
Calcio	1, 000	100 – 400
Magnesio	250	50 – 200
Potasio	300	50 – 400
Sodio	500	100 – 200
Cloro	500	100 – 400
Sulfatos	300	20 – 50
Hierro total	60	20 – 200

Fuente: Alvarado et al., 2018

2.2.8. Contaminación por lixiviados

A. Contaminación del suelo

La exposición de los suelos a la lixiviación provoca alteraciones significativas en sus propiedades físico-químicas, estructurales, hidromecánicas y mineralógicas, y el deterioro de las propiedades geotécnicas de suelos expuestos a contaminantes, las cuales servirán de base para aumentar la conciencia sobre la gestión ambiental. Las agencias están haciendo cumplir regulaciones más estrictas con respecto a la eliminación deficiente de desechos, lixiviados y a todo tipo de contaminación que vaya directo al suelo (Quintero et al., 2017).

B. Contaminación del agua

El MINAM (2016), hace mención, como la acumulación de componentes tóxicos y el desbordamiento de fluidos en los sistemas de agua (ríos, océanos, albercas, etc.) que alteran la naturaleza del agua. La lixiviación altera los cuerpos de agua, cambiando sus parámetros fisicoquímicos tales como: temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, DBO₅, DQO, SDT, SST y STV, metales pesados, Cr⁺⁵, CN-total, N-NH₃, N-NO₂, N-NO₃, N total, P total, estos son indicadores de la calidad del agua (Montalvo y Quispe, 2018)

C. Contaminación del aire

Garrido (2008) manifiesta que la contaminación del aire de los vertederos puede causar consecuencias locales y globales, de forma local pueden generar olores desagradables, incendios y explosiones debido a la producción de biogás, operación de maquinaria y transporte de desechos; se pueden observar partículas y ruido, la razón del impacto global es que los principales elementos que constituyen el biogás son el metano(CH₄) y el dióxido de carbono(CO₂), los cuales aumentan

el efecto invernadero, sumando los clorofluorocarbonos contribuyen así al deterioro de la capa de ozono.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Botadero: Lugares donde la disposición de los desechos es inadecuada, en vías y lugares públicos, tanto en las ciudades, en el campo o en espacios abiertos, las cuales ponen en peligro la salud como al medio ambiente. Carecen de autorización sanitaria (MINAM, 2012).

2.3.2. Contaminación: Dispersión de componentes químicos o mezclas de sustancias en ubicaciones no deseados (aire, agua, suelo) generando un potencial impacto negativo en la ecología y la salud (MINAM, 2016).

2.3.3. Efluente: Aguas residuales vertidas directamente al medio ambiente, donde la concentración de contaminantes, son controlados por los límites máximos permisibles (MLP) (MINAM, 2012).

2.3.4. Escorrentía: Parte del agua de lluvia, derretimiento de nieve o aguas de uso agrícola que fluyen sobre superficies terrestres, arroyos, lagos, estanques, estanques para drenaje e infraestructuras de procesamiento de aguas residuales (MINAM, 2010).

2.3.5. Estimación del riesgo ambiental: Proceso para determinar posibilidades y la severidad de las consecuencias, considerando los tres entornos determinados: naturaleza, humano y socioeconómico, como se representa en la siguiente ecuación. $\text{Riesgo} = \text{probabilidad} \times \text{consecuencia}$ (entorno humano, natural y el socioeconómico) (MINAM, 2010).

2.3.6. Evaluación de riesgo ambiental: Muestra la determinación si existen fuentes potenciales de contaminación, las cuales representen una posible amenaza hacia la naturalidad del agua, aire, suelo y la salud pública debido a la exposición a cualquier producto peligroso

presente en la instalación, incluidos los componentes tóxicos en los productos de la industria, operaciones, y, determina la extensión o el grado de riesgo (MINAM, 2010).

2.3.7. Daño ambiental: Cualquier daño material al medio ambiente y/o a cualquier componente del mismo, que pueda o no ser causado por una infracción de la ley y que tenga un impacto negativo actual o potencial (MINAM, 2012).

2.3.8. Residuos peligrosos: Estos desechos peligrosos son los que componen un riesgo significativo para el bienestar humano y la ecología, por las características o el procesamiento que tienen o de la forma que serán tratados (MINAM, 2012).

2.3.9. Toxicidad: Propiedades de un elemento o la composición de sustancias que causan consecuencias negativas sobre el bienestar humano y los ecosistemas (MINAM, 2016).

2.3.10. Vulnerabilidad: Una lista de condiciones que desfavorecen la capacidad de proteger o amortiguar situaciones peligrosas y hacen que las poblaciones, los ecosistemas y los activos sean muy sensibles a los posibles efectos adversos del manejo de materiales o desechos que, en virtud de su masa y propiedades inherentes, pueden afectarlos, dañando la salud y al medio ambiente (MINAM, 2016).

2.3.11. Zona de riesgo: Áreas restringidas totalmente, donde no se debe habilitar ninguna actividad de ningún tipo, incluidos los asentamientos, las actividades agrícolas, excepto las forestales, los cercos y su señalización, así como su mantenimiento y vigilancia. (MINAM, 2010).

2.4. Hipótesis

H_0 = Existe un alto riesgo ambiental generado la lixiviación producidos por el botadero de residuos sólidos de la ciudad de chota.

H₁= No existe un alto riesgo ambiental generado la lixiviación producidos por el botadero de residuos sólidos de la ciudad de chota.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 2
Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Independiente: Lixiviados en el botadero de residuos sólidos en la ciudad de Chota.	Parámetros físicos, químicos y biológicos	Temperatura	Métodos de detección establecidos por el laboratorio regional del agua (Tabla 4).	Termómetro.
		DBO		Multiparámetro.
		BQO		Multiparámetro.
		pH		Peachímetro.
		OD		Multiparámetro.
		(Hg, Pb, Zn, Cd y Cr).		Espectrofotómetro de emisión atómica.
		Aceites y grasas		Baño maría de agua calibrado a 70°C, estufa a 70°C, peras de extracción y hexano para extraer, filtros, balanza, y sulfato.
Coliformes termotolerantes	Micropipeta, incubadora a 35°C +- 0,5, baño de agua maría 44,5 +- 0,2, tubos de ensayo de 16 x 100 mm y 20 x 100 mm, frascos de muestreo, puntas estériles.			
Dependiente: Riesgo ambiental.	Nivel de riesgo ambiental	Nivel 1 – Leve Nivel 2 – Moderado Nivel 3 – Significativo	Tablas de estimación del nivel de riesgo ambiental, en función al peligro y vulnerabilidad.	Guía de evaluación de riesgos ambientales. Propuesta de evaluación de riesgos ambientales (Dr. Juan E. Gonzáles).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación es por su finalidad aplicada, por su estrategia o enfoque teórico metodológico mixto, por sus alcances y objetivos exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa, por la fuente de datos mixta, por el control en el diseño de prueba no experimental, por su temporalidad longitudinal (diacrónica), por el contexto donde sucede es de gabinete, de laboratorio y de campo y por la intervención disciplinaria es transdisciplinaria (Vieytes, 2004); (Estrada, 1994); (Ruíz-Rosado, 2006); (Méndez y Astudillo, 2008); (Maleta, 2009); (Hernández et al. 2010).

3.2. Diseño de investigación

Respecto al diseño del estudio fue no experimental-comparativa, donde observamos los fenómenos o acontecimientos, de manera cómo se producen en su contexto natural, posteriormente se analizaron; para el desarrollo de los objetivos planteados, para el cual se trabajó el siguiente diseño:

Primero: Se identificó el área del botadero.

Segundo: Se reconoció los puntos de acumulación de lixiviados.

Tercero: Se analizó las características como el pH, T, DBO₅, DQO, OD, Hg, Pb, Zn, Cd, Cr, Coliformes termotolerantes, Aceites y Grasas de la lixiviación generados por botadero de desechos sólidos de la ciudad de Chota.

Cuarto: Analizamos el escenario de peligrosidad generado en el área circundante al botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota.

Quinto: Analizamos el nivel de vulnerabilidad ambiental existente en el área circundante al botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021.

Sexto: Se evaluó el nivel de riesgo ambiental por la producción de lixiviados en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, 2021.

3.3. Metodología de investigación

El trabajo consistió en valorar el nivel de riesgo ambiental provocado por los lixiviados en el botadero de desechos sólidos de la ciudad de Chota; para lograr tal fin; se desarrollaron diferentes actividades, las cuales siguieron una metodología ordenada y bajo el cumplimiento de protocolos de monitoreo en campo y laboratorio establecidos en la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA y los señalados por el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca; de forma que asegurarán la calidad de los resultados a obtener. De tal manera, se desarrollaron las siguientes actividades:

Primero: Se realizó la identificación del área del botadero; donde se georreferenció el área y se elaboró un mapa de ubicación; estableciendo la limitación de la investigación.

Segundo: Se registró los puntos de acumulación de lixiviados; una vez identificada el área de estudio; realizamos la georreferenciación de los puntos donde se acumulan los lixiviados, posteriormente elaborando el mapa de ubicación, en la cual se ordenó y se estableció los puntos de muestreo.

Tercero: Se analizó las características de los lixiviados del botadero; mediante la observación in situ; la acumulación de lixiviados se evidenció en 4 puntos.

- De cada punto identificado se recolectó 1L, los cuales se homogenizaron obteniendo 4L de lixiviado, acopiados en frascos de plástico estériles, facilitados por el laboratorio.
- Estas muestras fueron enviadas una vez cada quince días, en un período de 4 meses; siguiendo el protocolo del Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca; al fin de recolectar, almacenar y el traslado de las mismas.
- Para el almacenamiento temporal, se utilizó un cooler, lo cual facilitó su traslado hacia el Laboratorio Regional del Agua, asegurando que las muestras no sufran alteración.
- A continuación, se señala las consideraciones para la recolección de muestras por parámetro a evaluar:

Tabla 3
Recolección de muestras, según parámetro

Ítem	Parámetro	Frasco de recolección	Preservante de la muestra	Consideraciones
1	DBO ₅	Frasco de plástico de 1000 mL Completamente lleno.	Sin preservante.	Recolección de muestras con lavado previo con la misma matriz de agua. Conservación de muestra con ice pack en cooler a una temperatura menos a 4°C
2	DQO	Frasco de plástico de 500 mL, preservación con ácido sulfúrico H ₂ SO ₄		Recolección de muestras con lavado previo con la misma matriz de agua. La muestra debe ser refrigera con temperatura menor a 4°C
3	OD	Winkler 250 mL	Rx1 y Rx2 (Muestra refrigerada).	Rx1: Sulfato manganoso Rx2: Hidróxido de sodio, azida de sodio y yoduro de potasio.
4	pH	Frasco de plástico	Sin preservante	----
5	Temperatura	de 1000 mL	preservante	

Ítem	Parámetro	Frasco de recolección	Preservante de la muestra	Consideraciones
6	Coliformes totales	Frasco de vidrio estéril de 250 mL.	Preservación de muestra con ice pack en cooler a una temperatura menor a 4°C	Toma de muestra sin lavar, directamente de la fuente a muestrear.
7	Aceites y grasas	Frasco de vidrio ámbar 1L	Refrigerar con temperatura menor a 4°C.	Refrigerar con temperatura menor a 4°C.
8	Mercurio total	Frasco de plástico de 500 mL	Preservación con ácido nítrico HNO ₃	Recolección de muestras con lavado previo en la misma matriz de agua. Conservación con ice pack en cooler a una temperatura menor a 4°C
9	Plomo			
10	Zinc			
11	Cromo VI			
12	Cadmio			

Fuente: Laboratorio Regional del Agua, Gobierno Regional de Cajamarca (2020)

El transporte de las muestras, se obtuvieron de manera personal; para evitar cualquier pérdida o robo de las mismas.

- El análisis de los lixiviados; se realizó con la intención de precisar la concentración de metales pesados (Mercurio, Plomo, Zinc, Cromo y Cadmio), aceites y grasas, coliformes y pH; y de esta manera evaluar el nivel de riesgo que provocan a las características ambientales del entorno.
- Este proceso de caracterización, se realizó de manera exclusiva en la fase de laboratorio; en el cual se desarrollaron los métodos de detección, teniendo en cuenta la tabla siguiente:

Tabla 4*Parámetros y métodos de detección*

Ítem	Parámetro	Método de detección
1	DBO ₅	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test.
2	DQO	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.
3	OD	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
4	pH	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
5	Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017. Temperature. Laboratory and Field Method.
6	Coliformes totales	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 9221 A, B, C. 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
7	Aceites y grasas	Gravimétrico: Method 1664, Revision B: n-Hexane. Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable. Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
8	Mercurio total	
9	Plomo	

Ítem	Parámetro	Método de detección
10	Zinc	EPA Method 200.7 Rev. 4.4.
11	Cromo VI	1994 (Validado). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma -
12	Cadmio	Atomic Emission Spectrometry.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua, Gobierno Regional de Cajamarca (2020).

La caracterización, se efectuó mediante la recolección de muestras en los puntos establecidos; siguiendo el protocolo de muestreo (R.J. N°010-2016-ANA), la cual nos permitió tener una mayor representatividad.

- Una vez por semana, se procedió a monitorear los parámetros de campo (Temperatura, DBO₅, DQO, pH y OD); donde se registró el comportamiento de los lixiviados y se hizo la correlación con la información obtenida en laboratorio.

Cuarto: Para analizar el peligro generado en el botadero de desechos sólidos de la ciudad de Chota para ello, fue necesario identificar las características de la fuente generadora de contaminación, que en este caso viene a estar representada por el botadero y el lixiviado.

- Se estimó el volumen aproximado de residuos sólidos almacenados; haciendo una aproximación de la cantidad de residuo existente, teniendo en cuenta la antigüedad del botadero, esta información se obtendrá a través de la Municipalidad Provincial de Chota.
- Se estimó el volumen aproximado de lixiviados almacenados en el botadero; a partir de información secundaria del cálculo de deshidratación, según el tipo de los desechos sólidos dispuestos.
- Con la información de las dos etapas anteriores; se procedió a determinar la probabilidad de ocurrencia; entendida como la posibilidad que exista un suceso contaminador, que, en

este caso, está representada por la probabilidad de volumen almacenado de residuos y lixiviados en el botadero de Chota. Para ello, se calculó el volumen aproximado de residuos sólidos y lixiviados almacenados, estableciendo un valor cualitativo (Bajo, medio, alto) y numérico (1, 2, y 3) respectivamente.

Tabla 5
Probabilidad de ocurrencia

Ítem	Condición	Probabilidad de ocurrencia		
		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)
1	Volumen aproximado de residuos sólidos almacenados	Menos de 100 T	Entre 101 – 200 T	Más de 201 T
2	Volumen aproximado de lixiviados almacenados	Menos de 100 L	Entre 101 – 200 L	Más de 201 L

Fuente: Adaptación de la Guía de evaluación del riesgo ambiental (MINAM,2010)

- Con la información obtenida en la etapa de caracterización de los lixiviados; se determinó la gravedad del peligro; determinada por el nivel de concentración de contaminantes que caracterizan al lixiviado; que también está representado por un valor cualitativo (Bajo, medio, alto) y numérico (1, 2 y 3) respectivamente; según la siguiente tabla:

Tabla 6
Gravedad de peligro

Parámetros	Unidad	Gravedad de peligro		
		Nivel 1 Bajo	Nivel 2 Medio	Nivel 3 Alto
Potencial de hidrogeno	pH	6,5 – 8,5	3,0 – 11,5	0,0 – 14,00
DQO	mg O ₂ L ⁻¹	200	201 – 400	>401
DBO ₅	mg O ₂ L ⁻¹	100	101 – 200	>201
OD	mg L ⁻¹	>5	3 – 1	>0
Temperatura	°C	18 - 20	21 – 25	26 – 30
Cadmio total	mg L ⁻¹	<0,0020	0,0021 – 0, 0040	>0,0041
Cromo VI	mg L ⁻¹	0,10	0,11 – 0,20	>0,21
Mercurio total	mg L ⁻¹	<0,01	0,011 – 0,020	>0,021

Parámetros	Unidad	Gravedad de peligro		
		Nivel 1 Bajo	Nivel 2 Medio	Nivel 3 Alto
Plomo total	mg L ⁻¹	<0,50	0,51 – 1,00	>1,01
Zinc total	mg L ⁻¹	0,50	0,51 – 1,00	>1,01
Aceites y grasas	mg L ⁻¹	20	21 – 40	>41
Coliformes totales	NMP/ 100 mL	10,00	10,01 – 20,000	>20,001

Fuente: Adaptado de Gonzáles (2018)

- Con ambos datos obtenidos, se analizó el nivel de peligrosidad, según la tabla de estimador del nivel de peligrosidad.

Tabla 7

Estimador del peligro

Estimador del peligro		Gravedad del peligro		
		1	2	3
Probabilidad de ocurrencia	1			
	2			
	3			
		Peligro bajo		1 – 2
		Peligro medio		3 – 4
		Peligro alto		5 – 9

Fuente: Adaptación de la Guía de evaluación del riesgo ambiental (MINAM, 2010)

Quinto: Se estimó la vulnerabilidad ambiental existente en el área circundante al vertedero de desechos de la ciudad de Chota; entendido como el nivel de susceptibilidad del área receptora del impacto producto de los lixiviados generados. La vulnerabilidad está en función de la fragilidad del área, el nivel de exposición y la capacidad de recuperación expresada en institucionalidad o gestión para cambiar la situación. Para desarrollar el presente estudio se consideró aspectos en relación al recurso hídrico, por ser uno de los principales factores ambientales afectados por lixiviados (León et al., 2015).

- Para determinar la fragilidad del área circundante; se procederá a identificar las masas de agua cercanas al botadero, de manera posterior se evaluó la calidad del agua, para ser

comparado con los valores determinados por los Estándares de Calidad Ambiental, para agua (D.S. N°004-2017-MINAM).

- La evaluación de la calidad del agua se realizó una vez cada quince días, con una duración de 4 meses; bajo los protocolos señalados por el laboratorio regional del agua, del gobierno regional de Cajamarca. Estos valores interpretarán el nivel de riesgo generado.
- El nivel de fragilidad, está determinado por la siguiente tabla, en donde se establecen valor cualitativo (Bajo, medio, alto) y numérico (1, 2 y 3) respectivamente, con los cuales estimaremos la vulnerabilidad de manera posterior:

Tabla 8

Nivel de exposición y condiciones de fragilidad

Nivel de exposición	Fuentes de agua	Condiciones de fragilidad
Baja (1)	1 – 5	Valores no cercanos al ECA
Media (2)	6 – 10	Valores cercanos al ECA
Alta (3)	11 – 20	Supera al ECA

Fuente: Adaptado de Gonzáles, 2018

- El nivel de exposición, está referido a la cantidad de componentes contaminantes en contacto con el factor ambiental receptor (MINAM, 2010). Para ello, se determinó las distancias aproximadas entre los puntos de acumulación de lixiviados y las masas de agua identificadas.
- Esta identificación, se realizó a través del uso del software ArcGis y la ubicación referencial en campo.
- Estas distancias, indican el nivel de exposición según el valor cualitativo (Bajo, medio, alto) y numérico (1, 2 y 3) respectivamente; de tal manera que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9*Nivel de exposición desde el punto de lixiviado y desde el botadero*

Nivel de exposición	Distancia	
	Desde el punto de lixiviado	Desde el botadero
Baja (1)	Mayor a 21 metros	Mayor a 51 metros
Media (2)	Entre 11 a 20 metros	Entre 21 a 50 metros
Alta (3)	Menor a 10 metros	Menor a 20 metros

Fuente: Adaptado de Gonzáles, 2018

- La capacidad de recuperación, conocida como resiliencia; está referida a la capacidad institucional para generar un cambio en el manejo de los desechos sólidos, que permitan reparar las condiciones del área. Es por ello que los valores numéricos descritos en el nivel de resiliencia de invierten y establecen valor cualitativo (Bajo, medio, alto) y numérico (1, 2 y 3) respectivamente.

Tabla 10*Resiliencia*

Nivel de resiliencia	Condición de resiliencia
Baja (3)	Residuos expuestos en la superficie.
Media (2)	Añaden cal, coberturan los residuos.
Alta (1)	Valorizan los residuos sólidos.

Fuente: Adaptado de Gonzáles, 2018

- Con la información anterior, se procedió a analizar el nivel y/o escenario de vulnerabilidad, según el siguiente estimador:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Fragilidad} \times \text{Exposición} \times \text{Resiliencia}$$

Fuente: Guía de evaluación del riesgo ambiental (MINAM,2010)

Sexto: Evaluamos el nivel de riesgo ambiental; mediante el peligro y vulnerabilidad; haciendo uso del siguiente estimador de riesgo ambiental.

Tabla 11*Evaluación del riesgo ambiental*

	Vulnerabilidad										
		1	2	3	4	6	9	12	18	27	
Peligro	1										
	2										
	3										
	4										
	6										
	9										
		Riesgo bajo	1 – 18								
		Riesgo medio	19 – 81								
		Riesgo alto	82– 243								

Fuente: Adaptado de la Guía de evaluación de riesgo ambiental (MINAM, 2010).

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Población: Lixiviados del botadero de residuos sólidos de Chota.

3.4.2. Muestra

Muestra: 4 L de lixiviado del botadero de residuos sólidos de Chota.

3.4.3. Muestreo

Con la finalidad de obtener 4L de lixiviados por cada monitoreo, se determinó en ubicar 4 puntos de acumulación de los mismo y para una mayor representatividad, se estableció en realizar

una zanja de un 1m³ (1m x 1m x 1m), para posteriormente ser analizados, comparados y evaluados según el nivel del riesgo que generan.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Base de datos de la Municipalidad Provincial de Chota

Sirvió en la determinación de la cantidad de desechos producidos en la ciudad de Chota, al mismo tiempo nos brindó información sobre la característica que presentan dichos residuos sólidos.

3.5.2. Observación directa y documentada

La presente investigación, fue realizada mediante la visualización de las variables del estudio, y también se realizó la observación documentada, para tener la seguridad que el trabajo se llevó a cabo de la mejor manera; siguiendo el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales, dadas por el Ministerio de Salud, teniendo objetivo principal, el saneamiento de la calidad del agua y salvaguardar la ecología, con el propósito de lograr el bienestar humano, asegurando la naturalidad de los cuerpos de agua, para la operación productiva y preservar el equilibrio ecológico de las hábitats acuáticas (MINSa, 2007).

3.5.3. Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos de recolectar la información, dependieron de cada actividad planificada según los pasos descritos en el acápite anterior; con la finalidad de reducir la subjetividad del estudio y el sesgo de la información. Para ello se ha dividido de la siguiente manera:

Primera etapa: Revisión inicial; en el cual se obtuvo y posteriormente se revisó los antecedentes, operación y situación actual del vertedero de residuos sólidos.

Segunda etapa: Recolección y procesamiento de información de campo; la cual permitió determinar los puntos de muestreo, fechas, recolección y análisis de muestras en campo y laboratorio.

Tercera etapa: Análisis; se sistematizó los datos obtenidos en el estudio, determinando el nivel de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo ambiental generado.

Como parte del transporte se consideró el transporte público (combi), para el traslado de la muestra desde Chota a Cajamarca y moto lineal para el traslado de la zona del botadero a la ciudad de Chota.

Los materiales considerados para la ejecución del proyecto fueron los siguientes: Cooler, frascos de vidrio, botellas winkler, baldes milimetrados (4 L), guantes descartables, mascarillas, refrigerantes (hielo).

Los equipos utilizados, para el trabajo de campo y gabinete: GPS, cámara fotográfica, laptop e impresora.

Soluciones y reactivos: agua destilada y preservantes.

Los formatos que fueron utilizados para levantar la información fueron: Ficha de campo y cadena custodia.

Además, se utilizó una libreta de campo, lápiz, plumones indelebles, cinta adhesiva, papel secante, cinta métrica y tablero.

3.5.4. Equipos, materiales e insumos

- a) Equipos: Equipo de posicionamiento global(Garmin), espectrofotómetro y termómetro digital.

- b) Materiales: Cuaderno de apuntes, formatos de campo, lapiceros, guantes quirúrgicos, envases plásticos de 1000 mL, envases plásticos de 500 mL, frascos Winkler 250 mL, envase de vidrio estéril de 250 mL y frasco de vidrio ámbar 1L.
- c) Insumos: Agua destilada, ácido nítrico (HNO_3), Rx1: Sulfato manganoso, Rx2: Hidróxido de sodio, azida de sodio y yoduro de potasio y ácido sulfúrico (H_2SO_4).

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La información conseguida se ha procesado, haciendo uso de la herramienta Excel, con la intención de ordenarlos y sistematizarlos. La presentación de los datos, tendrán una mejor comprensión con el uso de tablas, gráficos y figuras; la cual facilitará la lectura de los resultados del laboratorio.

En cuanto al análisis, los datos fueron estimados con la guía de evaluación de riesgos ambientales, establecida por el ministerio del ambiente y la propuesta de evaluación de riesgos ambientales de la tesis del Dr. Juan E. Gonzáles García.

La interpretación de los datos; se ejecutó a partir del análisis anterior y discutidos con antecedentes de investigaciones similares; asimismo, para validar la información y la representatividad de los datos; se efectuó el análisis de varianza (ANOVA), utilizada para establecer la existencia de diferencias estadísticas significativas entre las medias de los puntos de monitoreo establecidos, realizándose el análisis entre grupos y dentro de los grupos; se calculará la suma de cuadrados, grados de libertad, promedio de los cuadrados, el valor de F, probabilidad y valor crítico de F.

3.7. Aspectos éticos

La siguiente investigación mantuvo el respeto a la vida humana y a los animales en forma directa, puesto que, el estudio se basó especialmente en estudiar el nivel del riesgo ambiental que son causados mediante la lixiviación producida por el actual botadero de la ciudad de Chota.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.Descripción de resultados

4.1.1. Determinación del área de estudio

Para responder los objetivos formulados en la siguiente investigación, se realizó la georreferenciación del botadero, teniendo en cuenta las coordenadas UTM se marcó los siguientes puntos:

Tabla 12

Puntos del área del botadero

PUNTO	ESTE	NORTE	ALTITUD (m)
1	758522	9278359	2371,6
2	758528	9278358	2372,8
3	758533	9278349	2376,1
4	758541	9278348	2377,8
5	758545	9278341	2379,5
6	758555	9278342	2381,1
7	758564	9278310	2383,2
8	758530	9278259	2380,4
9	758499	9278252	2377,7
10	758468	9278256	2375,9
11	758462	9278261	2375,3
12	758460	9278266	2374,8
13	758464	9278273	2374,5
14	758498	9278289	2375,4
15	758508	9278299	2375,7
16	758513	9278310	2375,8

PUNTO	ESTE	NORTE	ALTITUD (m)
17	758511	9278317	2375,1
18	758506	9278324	2373,9
19	758495	9278328	2372,6
20	758447	9278335	2369,1
21	758419	9278351	2365,4
22	758413	9278362	2362,8
23	758419	9278372	2361,0
24	758426	9278382	2359,3
25	758438	9278387	2358,8
26	758451	9278392	2358,4
27	758479	9278398	2358,3
28	758495	9278376	2364,2
29	758512	9278384	2363,8

El botadero se encuentra en el C.P. Pingobamba Alto, alrededor de unos 8 km de la ciudad de Chota, esta área viene funcionando como botadero de los residuos sólidos desde el 2018, en donde se instaló una infraestructura para la valorización de residuos orgánicos, comprendiendo una extensión de 519,3 m², teniendo la siguiente distribución: 02 camas de compostaje, 01 área de acopio de material reciclado, 01 poza para lixiviados y vías y caminos. Para tener una mejor visualización se realizó la siguiente figura.

Figura 2

Área del botadero ubicado en el C.P. de Pingobamba Alto



Para determinar el área en total del estudio se realizó con la colaboración de los trabajadores y un GPS, donde se efectuó la marcación de puntos alrededor del perímetro del botadero, puesto que, la municipalidad provincial de Chota, no dispone con levantamiento topográfico del área en total del botadero de los desechos de la ciudad de Chota. Como resultado de las coordenadas tomadas y posteriormente procesadas, se obtuvo aproximadamente un área de 9 577 m².

4.1.2. Identificación de los puntos de acumulación de lixiviados

Se establecieron los puntos donde se evidencia la acumulación de lixiviados, se realizó una visita para determinar el escurrimiento del lixiviado generado por el botadero de desechos sólidos. Donde se logró identificar un punto, y, para una mejor identificación de lixiviados se abrió una

zanja de 1m x 1m x 1m, para tener una mejor representatividad de las muestras tomadas y posteriormente realizar los análisis en el laboratorio Regional del Agua en Cajamarca.

Figura 3
Puntos de acumulación de lixiviados



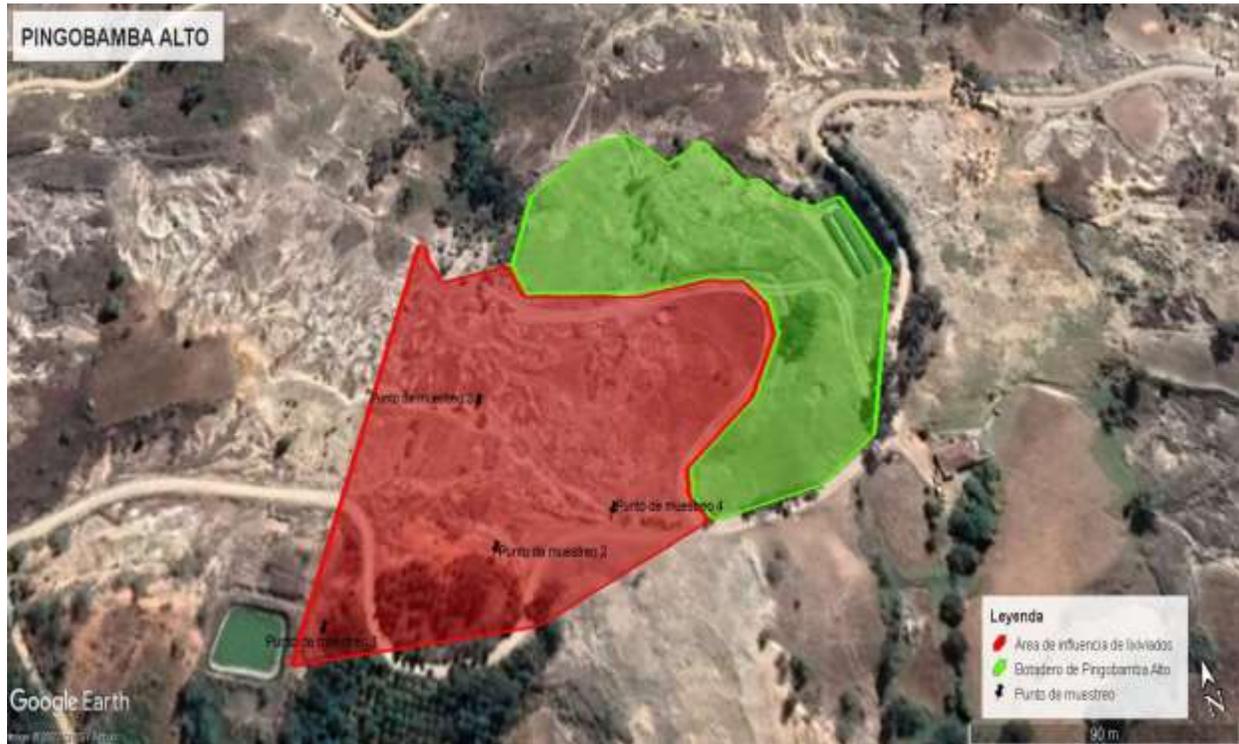
Para efectuar la recolección de las muestras, donde se produce la acumulación de lixiviados, se realizó en un tiempo de 4 meses, las cuales fueron caracterizadas, analizadas y comparadas con las tablas presentadas en la ejecución de la investigación. Se realizó la georreferenciación de 4 punto:

Tabla 13
Coordenadas de muestreo de los lixiviados

PUNTO	ESTE	NORTE
1	758331	9278280
2	758392	9278244
3	758396	9278321
4	758430	9278271

Figura 4

Puntos de muestreo de lixiviados



Nota: La figura presenta los cuatro puntos que se escogieron para la toma de muestras, para posteriormente ser mezclados, dichos puntos fueron tomados por la presencia de lixiviados y al considerarse que están presentes en la parte baja del botadero, siendo así su acumulación por escurrimiento de dichos elementos.

4.1.3. Caracterización de los lixiviados generados por el botadero de residuos sólidos

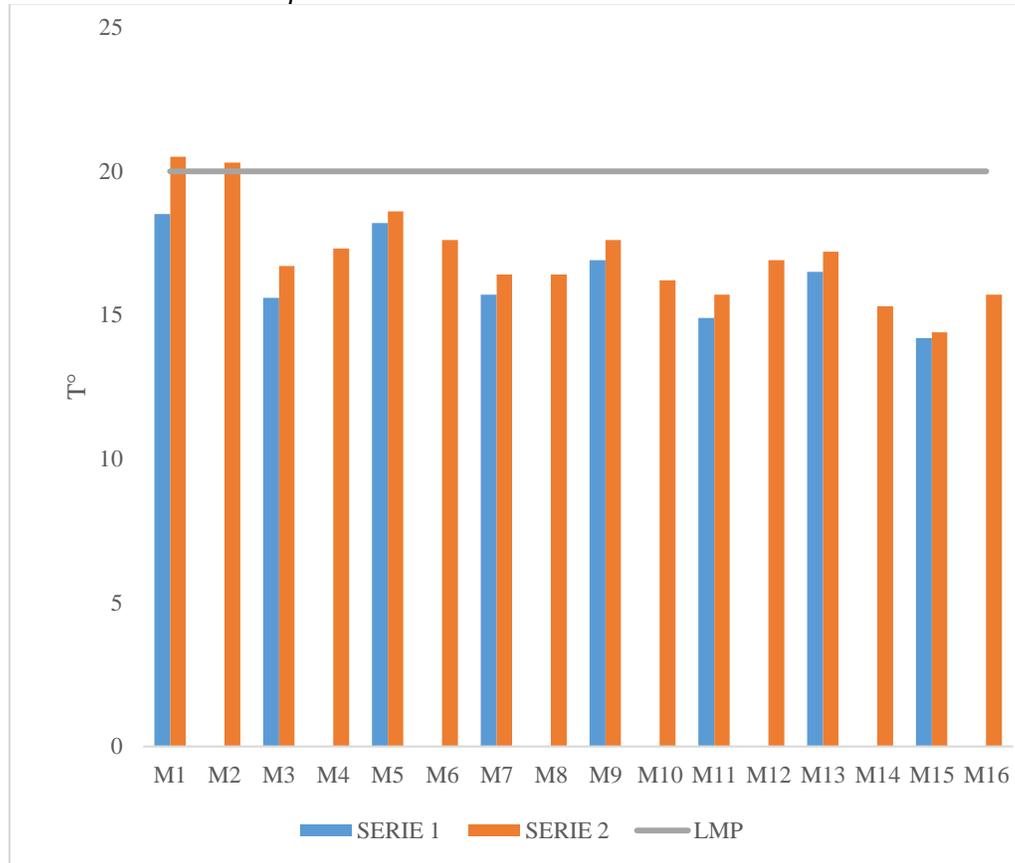
Para realizar su caracterización de los lixiviados originados por en el botadero, se recolectó 1L de lixiviado de los puntos de acumulación, para así obtener una sola muestra de lixiviado, posteriormente fueron recolectados en frascos de plástico y vidrio esterilizados, los cuales se enviaron al laboratorio para sus análisis. Para una mejor representatividad, también se obtuvieron datos in situ, donde se analizaron los siguientes parámetros: Temperatura, DBO₅, DQO, pH y OD.

Para una mayor comprensión se presentan las siguientes tablas de los parámetros antes mencionados:

a. Temperatura

Figura 5

Correlación de la temperatura

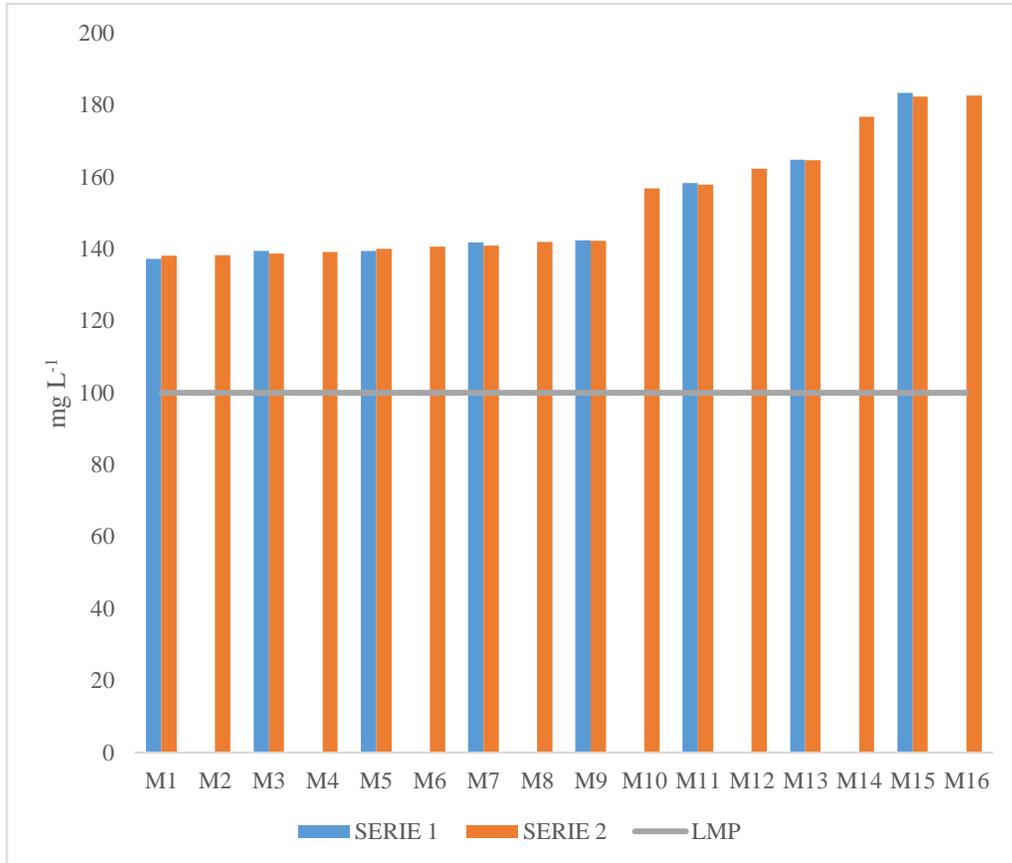


Nota: La serie 1, corresponde a las muestras tomadas cada 15 días, y la serie 2, fueron las muestras tomadas semanalmente y el Límite Máximo Permisible (LMP).

Para la caracterización de este parámetro se obtuvo datos tanto en campo como en laboratorio, siguiendo los protocolos del Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, en los cuales empleamos un kit conformado por: 01 cooler y frascos de plástico de 1L y para mantener la temperatura se utilizó 02 ice packs hasta su traslado al laboratorio y así no alterar las muestras. Estos resultados están representados en dos series, los cuales son SERIE 1, indicando a las muestras en laboratorio y SERIE 2, las que están tomadas en campo.

b. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Figura 6
Correlación DBO₅

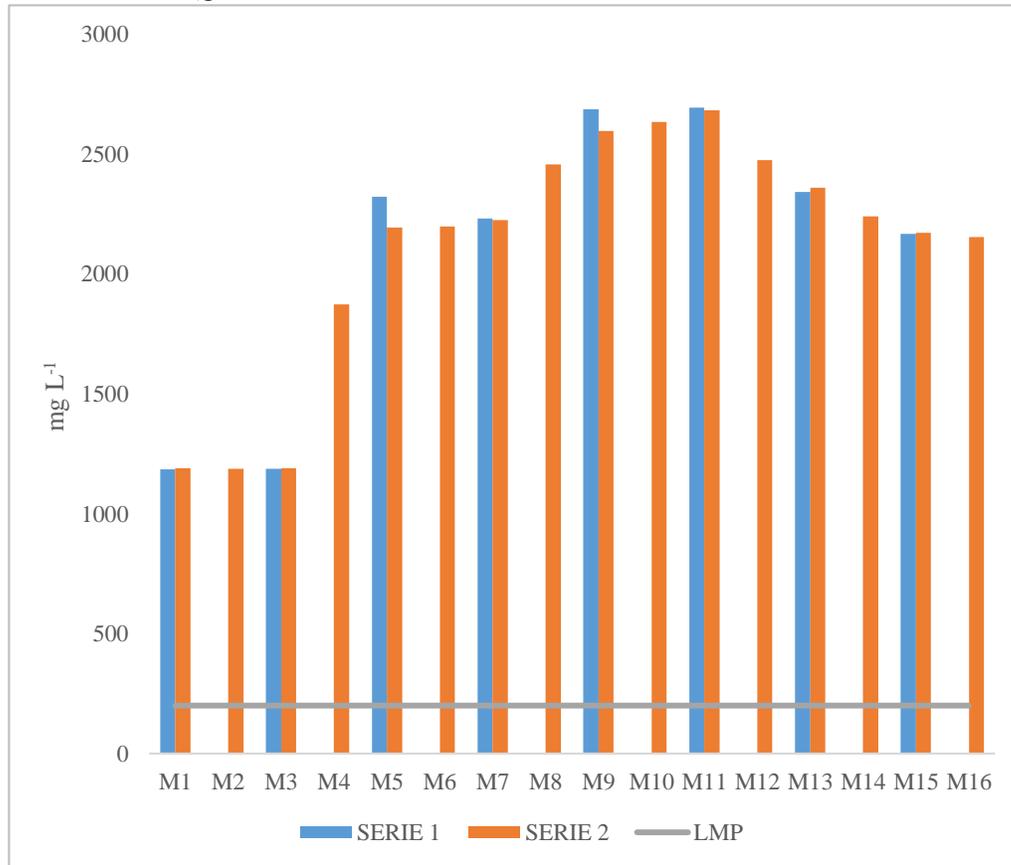


Nota: La serie 1, corresponde a las muestras tomadas cada 15 días, y la serie 2, fueron las muestras tomadas semanalmente y el Límite Máximo Permisible (LMP).

En este aspecto la demanda biológica de oxígeno, se tuvo en cuenta en tomar muestras cada 7 días y enviarlas al Laboratorio Regional del Agua; donde se observó que no varía mucho con respecto a las muestras tomadas cada 15 días, las cuales han sido rigurosamente tomadas con los parámetros establecidos por el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, los cuales fueron enviados con una refrigeración a 4°C para así conservar las muestras de forma segura. Observamos en la figura que, la demanda biológica de oxígeno supera los límites máximos permisibles, establecidos en la tabla de estimación del peligro (21), donde el límite es de 100 mg L⁻¹

c. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Figura 7
Correlación DQO



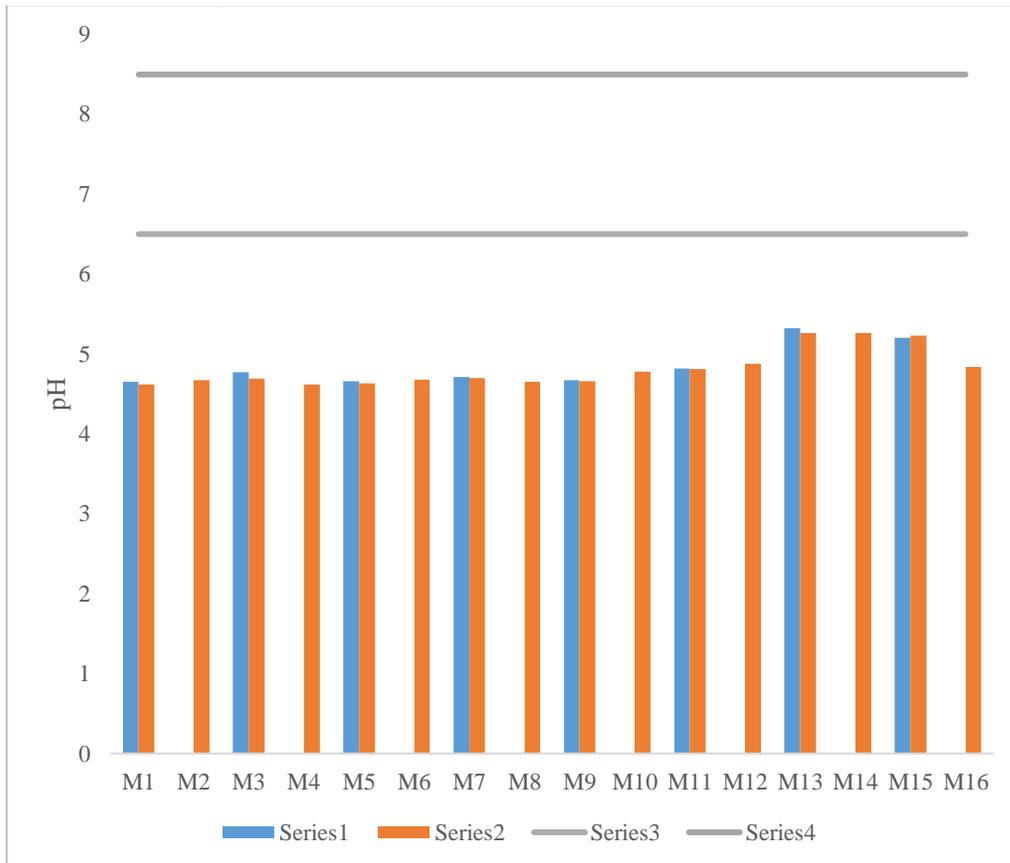
Nota: La serie 1, corresponde a las muestras tomadas cada 15 días, y la serie 2, fueron las muestras tomadas semanalmente y el Límite Máximo Permissible (LMP).

Al igual que la BDO₅, la DQO se tomaron muestras cada 7 días y cada 15 días, las cuales fueron enviadas al Laboratorio Regional del Agua, para lograr la mayor precisión en los resultados; donde se evidenció que la DBO se encuentra en altas concentraciones y existe semejanza entre los datos obtenidos de la serie 1 y serie 2, siendo las muestras M5 y M9 las cuales tienen una variación mínima, pero teniendo en cuenta que puede variar debido al transporte de dichas muestras, pero aún se logra ver la semejanza en el resto de muestras, mostrando que si hay una similitud en sus

resultados. También se logra observar que el valor promedio del DQO es de 200 mg L⁻¹, la cual supera los límites máximos permisible.

d. Potencial de hidrógeno (pH)

Figura 8
Correlación del pH

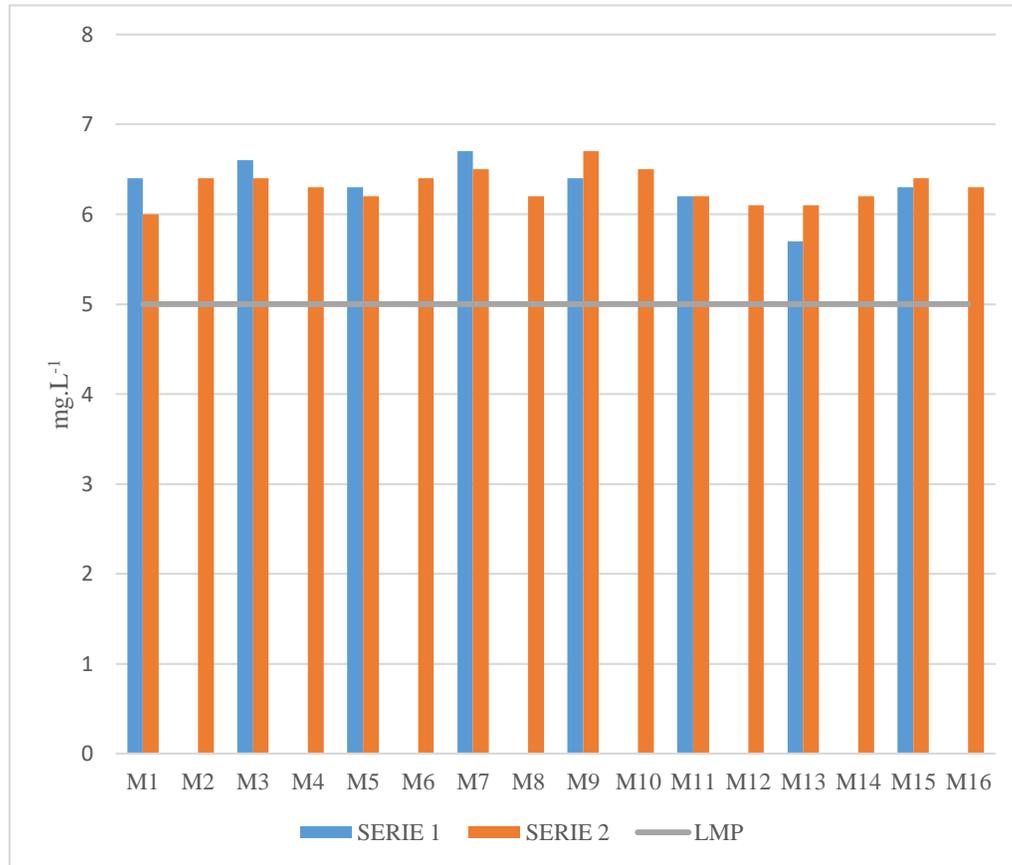


Nota: La serie 1, corresponde a las muestras tomadas cada 15 días, y la serie 2, fueron las muestras tomadas semanalmente, la serie 3 y 4 es el rango del Límite Máximo Permissible (LMP).

Los datos obtenidos en campo y laboratorio tienen semejanza, se puede indicar que existe una correlación para el parámetro del pH; en este caso los datos obtenidos muestran que el pH es inferior a los valores establecidos por límites máximos permisibles, en este caso de 4,85 el cual nos indica la presencia de un lixiviado ácido.

e. Oxígeno disuelto (OD)

Figura 9
Correlación del OD



Nota: La serie 1, corresponde a las muestras tomadas cada 15 días, y la serie 2, fueron las muestras tomadas semanalmente y el Límite Máximo Permisible (LMP).

Los datos obtenidos en el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, fueron los de la serie 1, los cuales fueron enviados cada quince días, en el periodo de 4 meses; siguiendo el protocolo del laboratorio regional del agua del gobierno regional de Cajamarca; a fin de tomar, almacenar y trasladar de las mismas. Los de la serie 2, son los datos obtenidos en campo, que nos permitió conocer el comportamiento de los lixiviados y así poder realizar la correlación con la información obtenida en el laboratorio.

Los datos obtenidos tanto en campo como los resultados del laboratorio son semejantes en los parámetros antes mencionados y detallados en las figuras del 6 al 10.

4.1.4. Análisis estadístico (ANOVA)

a. Análisis de varianza de la Temperatura

Tabla 14

Análisis de varianza factor temperatura

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2,7225	1	2,7225	0,95222035	0,34571567	4,600109937
Dentro de los grupos	40,0275	14	2,859107143			
Total	42,75	15				

En el siguiente cuadro del ANOVA, el valor estadístico de prueba, $F=0.95222035$, donde no hay diferencia significativa, puesto que F es menos que el valor crítico.

b. Análisis de varianza del Ph

Tabla 15

Análisis de varianza factor pH

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0025	1	0,0025	0,03595644	0,85232721	4,60010994
Dentro de los grupos	0,9734	14	0,06952857			
Total	0,9759	15				

Para el análisis de varianza (ANOVA), obtuvimos el valor estadístico de prueba, $F=0,03595644$, donde no hay diferencia significativa, puesto que F es menos que el valor crítico.

c. Análisis de varianza la DBO₅

Tabla 16

Análisis de varianza factor DBO₅

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,225625	1	0,225625	0,00084413	0,97723167	4,60010994
Dentro de los grupos	3742,00875	14	267,286339			
Total	3742,23438	15				

En el siguiente cuadro del ANOVA, el valor estadístico de prueba, $F=0,00084413$, donde no hay diferencia significativa, puesto que F es menos que el valor crítico.

d. Análisis de varianza la DQO

Tabla 17

Análisis de varianza factor DQO

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2782,5625	1	2782,5625	0,008062815	0,929723541	4,600109937
Dentro de los grupos	4831547,88	14	345110,563			
Total	4834330,44	15				

Para el análisis de varianza (ANOVA), calculamos el valor estadístico de prueba, $F=0,008062815$, donde no hay diferencia significativa, puesto que F es menos que el valor crítico.

e. Análisis de varianza del OD

Tabla 18

Análisis de varianza factor OD

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,000625	1	0,000625	0,00871731	0,92693538	4,600109937
Dentro de los grupos	1,00375	14	0,071696429			
Total	1,004375	15				

Para el análisis de varianza (ANOVA), se obtuvo el valor estadístico de prueba, $F=0,008062815$, donde no hay diferencia significativa, puesto que F es menor que el valor crítico.

4.1.5. Análisis del peligro generado en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota

a. Características de las fuentes generadoras de contaminación

La principal fuente para la generación de lixiviados, es el material orgánico presente en los desechos sólidos; pues, estos son los que por su descomposición generan una segregación en la cual arrastra muchos elementos contaminantes presente en los residuos sólidos. La lixiviación presenta características relacionadas a su edad del mismo. Generalmente, el lixiviado tiene varias características de contaminación, como concentraciones altas de material orgánico, alta presencia de nitrógeno y fósforo, alto contenido de patógenos y también contiene sustancias tóxicas, tales como: metales pesados y componentes orgánicos. (Giraldo, 2016) menciona que las propiedades de los lixiviados varían mucho, lo que se logra atribuir a la interacción de muchas causas, como la composición y la antigüedad de los desechos, su disposición de oxígeno, su humedad, el diseño y la operación del vertedero, las lluvias, la hidrología del sitio, la compactación, el diseño de la cubierta, los procedimientos de muestreo y los lixiviados interactuando con el medio ambiente (Di

Iaconi et al, 2011; Cortez et al, 2011; JICA 2005, Rastas 2002; como se señaló en Pellón et al, 2015).

Los residuos producidos en la ciudad de Chota tienen las siguientes características, alto porcentaje orgánico los cuales provienen de fuentes como restos de comida, maleza, estiércol de animales, entre otros similares; seguido de la composición inorgánica en la se presenta cartón, plásticos duros, tecnopor y similares, caucho, jebe entre otros; esta composición de los desechos sólidos municipales producidos en Chota, contienen un promedio de humedad de 69,2 %. (Municipalidad Provincial de Chota, 2019).

Tabla 19

Porcentaje de los residuos generados en la Ciudad de Chota

	COMPOSICIÓN PORCENTUAL
	%
1. Residuos aprovechables	79,76%
1.1. Residuos Orgánicos	70,52%
Residuos de alimentos (restos de comida, cascaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	58,33%
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)	6,88%
Otros orgánicos (estiércol de animales menores , huesos y similares)	5,31%
1.2. Residuos Inorgánicos	9,25%
1.2.1. Papel	1,67%
1.2.2. Cartón	2,01%
1.2.3. Vidrio	1,01%
1.2.4. Plástico	2,87%
1.2.5. Tetra brik (envases multicapa)	0,00%
1.2.6. Metales	1,68%
1.2.7. Textiles (telas)	0,00%
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	0,00%
2. Residuos no reaprovechables	20,24%
TOTAL	100,00%

Fuente: (Municipalidad Provincial de Chota, 2019)

b. Estimación del volumen aproximado de los residuos sólidos almacenados

Para lograr la siguiente información, fue necesario citar al estudio realizado por municipalidad provincial de Chota, donde en el año 2019 se realizó la implementación de la valorización de desechos orgánicos domiciliarios y también con datos obtenidos en estudios realizados anteriormente. El botadero ubicado en el centro poblado de Pingobamba Alto, viene funcionando desde el año 2018 y teniendo en cuenta que cada persona genera $0,38 \text{ kg día}^{-1}$ de desechos, obteniendo una generación total de $13,5 \text{ T día}^{-1}$ (Municipalidad Provincial de Chota, 2019); con la información tomada anteriormente se logró obtener volumen de residuos sólidos, donde se consideraron los datos obtenidos por la Municipalidad Provincial de Chota, los cuales han sido recolectados, apilados y deshidratados, se puede precisar que la densidad diaria de desechos producidos en la ciudad de Chota es de $211\,235 \text{ Kg m}^{-3}$ (Municipalidad Provincial de Chota, 2019), siendo $6,3 \text{ T m}^{-3}$ generados en un mes y al año $76,05 \text{ t m}^{-3}$.

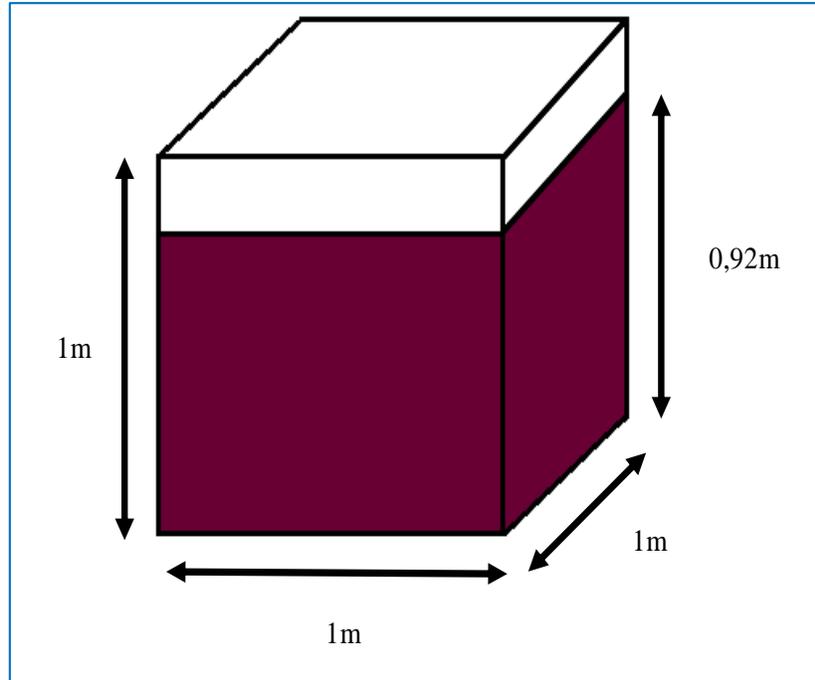
c. Probabilidad de ocurrencia

Para analizar la probabilidad de ocurrencia, se empleó la tabla 5, el cual fue adaptado de la Guía de evaluación del riesgo ambiental, teniendo en cuenta que los datos obtenidos, fueron calculados para el periodo de un año, la guía de evaluación de riesgos ambientales señala que la probabilidad de ocurrencia es probable para el año 2021 (MINAM, 2010).

Para obtener el volumen de lixiviados se implementó una zanja con la forma de un cubo, teniendo las dimensiones de un 1m por lado:

Figura 10

Volumen de lixiviado estimado en la zanja



El volumen promedio estimado de la zanja es de $0,92 \text{ m}^3$, el cual equivale a 920 litros.

Teniendo en cuenta que el estudio realizado tuvo una duración de 4 meses, en donde se logró calcular el volumen de los lixiviados, en la cual se estimó aproximadamente 920 litro de lixiviación provenientes del vertedero de residuos sólidos, para poder estimar la probabilidad de ocurrencia, se realizó el cálculo de un año, donde el volumen calculado en 4 meses se multiplicaría por 3, así se logró obtener un promedio de los lixiviados por 12 meses. Procediendo a realizar la multiplicación se obtuvo un volumen de 2 760 litros de lixiviados por año, el cual se estimó con datos de meses de lluvia y estiaje, donde se observó pequeños espejos de agua en la parte baja del área del botadero.

Tabla 20*Estimación de la probabilidad de ocurrencia*

Ítem	Condición	Probabilidad de ocurrencia			Volumen total	Estimación
		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)		
1	Volumen aproximado de residuos sólidos almacenados	Menos de 100 T	Entre 101 – 200 T	Más de 201 T	76,05 T	Bajo
2	Volumen aproximado de lixiviados almacenados	Menos de 100 L	Entre 101 – 200 L	Más de 201 L	2 760 L	Alto

Se entiende por probabilidad de ocurrencia, a la posibilidad de que ocurra un riesgo; puede medirse por el criterio de frecuencia, si se logra (por ejemplo, cantidad de veces en un determinado período de tiempo), o de probabilidad, teniendo en cuenta si presenta factores internos y externos que pueden contribuir al riesgo, así no llegara a ocasionarse (Guerra, 2013).

d. Gravedad de peligro

Tabla 21

Estimación del peligro

PARÁMETRO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN PROMEDIO	GRAVEDAD			NIVEL DEL RIESGO AMBIENTAL
			NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	
			BAJO	MEDIO	ALTO	
FÍSICOS						
Temperatura	°C	16,3625	18-20	21-25	26-30	BAJO
QUÍMICOS						
Potencial de hidrógeno (pH)	pH	4,85	6,5 – 8,5	3,0 – 11,5	0,0 – 14,00	MEDIO
DQO	mg O ₂ L-1	2103,375	200	201 - 400	>401	ALTO
OD	mg L-1	6,325	>5	3,0 – 1,0	>0	BAJO
Cadmio total	mg L-1	LCM	<0, 0020	0, 0021 - 0, 0040	>0,0041	BAJO
Cromo IV	mg L-1	LCM	0,10	0,11 - 0,20	>0,21	BAJO
Mercurio total	mg L-1	0,003	<0,01	0,011 - 0,020	>0,021	BAJO
Plomo total	mg L-1	LCM	<0,50	0,51 - 1,00	>1,01	BAJO
Zinc total	mg L-1	LCM	0,50	0,51 - 1,00	>1,01	BAJO
Aceites y grasas	mg L-1	LCM	20	21 - 40	>41	BAJO
DBO5	mg O ₂ L-1	150,85	100	101-200	>201	MEDIO
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	407,5	10,000	10,001 - 20,000	>20,001	BAJO

Nota: valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas), lo cual está indicado en el informe emitido por el laboratorio Regional del agua de Cajamarca, donde los parámetros con la concentración <LCM se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental.

e. Estimación del peligro

La estimación del peligro, se obtuvo utilizando las tablas 5 y 6, para lo cual es necesario obtener un promedio en cada cuadro. En la probabilidad de ocurrencia tabla 5, obtuvimos que el volumen aproximado de los desechos sólidos almacenado es de 76,05 T, donde se le estima un nivel bajo, y, el volumen de aproximado del lixiviado almacenado es de 2760 L, obteniendo un nivel alto, según la estimación.

Tabla 22

Promedio de la probabilidad de ocurrencia

Condición	Probabilidad de ocurrencia	Promedio de la probabilidad de ocurrencia
Volumen aproximado de residuos sólidos almacenados	Bajo (1)	
Volumen aproximado de lixiviados almacenados	Alto (3)	Medio (2)

Del mismo modo se obtiene el promedio de la gravedad del peligro de cada parámetro muestreado, siendo el nivel bajo (1), el nivel medio (2) y el nivel alto (3).

Tabla 23
Promedio del nivel de gravedad

Parámetro	Nivel de gravedad	Promedio del nivel de gravedad
Temperatura	Bajo (1)	
Potencial de hidrogeno (pH)	Medio (2)	
DQO	Bajo (3)	
DBO ₅	Alto (2)	
OD	Bajo (1)	
Cadmio total	Bajo (1)	1,5
Cromo VI	Bajo (1)	
Mercurio total	Bajo (1)	
Plomo total	Bajo (1)	
Zinc total	Bajo (1)	
Aceites y grasas	Bajo (1)	
Coliformes totales	Alto (3)	

Por ultimo utilizaremos la tabla 7, donde aplicaremos los valores de la gravedad del peligro y probabilidad de ocurrencia, para estimar el peligro.

Tabla 24*Estimación del peligro*

Estimador del peligro		Gravedad del peligro		
		1	2	3
Probabilidad de ocurrencia	1			
	2		x	
	3			
		Peligro bajo		1 – 2
		Peligro medio		3 – 4
		Peligro alto		5 – 9

Nota: el promedio de la probabilidad de ocurrencia tiene un valor de 2 y el promedio la gravedad de peligro 1,5.

La estimación del peligro para el botadero de Pingobamba alto tiene el valor de 4, el cual nos indica un peligro medio para el área donde se encuentra ubicado.

f. Fragilidad del área circundante

Para estimar la vulnerabilidad existente en la zona que rodea al botadero de desechos sólidos de la ciudad de Chota; siendo esta el área que se encuentra recibiendo los impactos producidos por los lixiviados generados. La vulnerabilidad está en función de la fragilidad del área, el nivel de exposición y la capacidad de recuperación expresada en institucionalidad o gestión para cambiar la situación.

Para determinar la fragilidad del área circundante; se identificó las fuentes de agua cercanas al botadero, para la cual se utilizó el programa Google Earth Pro donde se realizó la georreferenciación de los puntos, y, también se utilizó el programa de ArcGIS para georreferenciar los puntos, posteriormente se determinó las fuentes de agua más cercanas, teniendo en cuenta las curvas de nivel y la acumulación del flujo de agua, siendo el río Doña

Ana el más próximo, distanciado a 1016,24 metros lineales de la ubicación donde se acumula los lixiviados del botadero.

Figura 11

Distancia del cuerpo de agua más cercano al botadero



Teniendo en cuenta el nivel de exposición y condiciones de fragilidad (tabla 8), no se observaron fuentes de agua cercana, por lo cual se estimó un nivel de exposición y condiciones de fragilidad baja (1). Del mismo modo el nivel de exposición desde el punto de lixiviado y desde el botadero (tabla 9), el nivel de exposición es baja (1), tanto desde el punto del lixiviado y del botadero.

La resiliencia que se tiene en el botadero de residuos sólidos es baja (3), a pesar de contar con un espacio para la valorización de los desechos, se observó que no es muy eficiente, puesto que se encontró residuos en el área circundante del botadero, dichos residuos

fueron, botellas, bolsas, llantas, pañales, objetos de plástico, entre otros; los cuales pueden ser aprovechados de una mejor manera.

g. Evaluación del riesgo ambiental

Para determinar el riesgo ambiental se usó primero la fórmula de vulnerabilidad, en el cual se aplicó los datos obtenidos anteriormente de las tablas 8, 9 y 10.

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Fragilidad} \times \text{Exposición} \times \text{Resiliencia}$$

$$\text{Vulnerabilidad} = 1 \times 1 \times 3$$

$$\text{Vulnerabilidad} = 3$$

Para estimar el riesgo ambiental, aplicaremos la tabla (11) la cual nos indicará el valor del riesgo ambiental, que produce la lixiviación del botadero de la ciudad de Chota. La evaluación esta con relación de vulnerabilidad estimada y del nivel de peligro, los cuales tuvieron los siguientes valores, 2 y 3 respectivamente. En la siguiente tabla se aprecia la evaluación del riesgo ambiental:

Tabla 25
Riesgo ambiental

	Vulnerabilidad										
		1	2	3	4	6	9	12	18	27	
Peligro	1										
	2										
	3										
	4			X							
	6										
	9										
			Riesgo bajo		1 – 18						
			Riesgo medio		19 – 81						
			Riesgo alto		82 – 243						

La evaluación obtenida en el estudio, nos indica que el riesgo ambiental producida por el vertedero de desechos sólidos de Chota es BAJO (12), al estar ubicado en un lugar con poca actividad humana y con una distancia superior a los 50 metros desde el botadero y 20 metros desde los puntos de lixiviados con respecto a las fuentes de agua.

4.2. Constatación de hipótesis

Se realizó el estudio de los resultados, donde la variable independiente fue los lixiviados en el vertedero de desechos sólidos de la ciudad de Chota, donde se analizó los parámetros físicos, químicos y biológicos; y la variable dependiente el riesgo ambiental, donde se efectuó la comparativa de los resultados con la Guía del riesgo Ambiental y la propuesta de evaluación de riesgos ambientales (Dr. Juan E. Gonzales), donde se planteó que

existe un riesgo ambiental alto, posteriormente se logró evidenciar que no se presencia un riesgo ambiental, teniendo un nivel bajo según la guía de riesgo ambiental.

4.3. Discusión de resultados

Teniendo en cuenta los parámetros analizados, mediante informes, las cuales fueron tomados en el botadero de Pingobamba Alto, se logró los siguientes resultados:

En la figura 5, se evidencia que el nivel de calor mínima fue de 14,2 C° y la máxima de 20,5 C°, para los puntos de muestreo M15 de la serie 1 y M1 de la serie 2 respectivamente. En comparación con los LMP, la temperatura superó el valor de 20 C° en los puntos de muestreo M1 y M2; posteriormente la concentración promedio de la temperatura se encuentra por debajo de LMP con un valor de 16,3625 C°, teniendo en cuenta la tabla de estimación de peligro de la tabla 14; la temperatura baja se relaciona a que los lixiviados se encuentra en un estado sin presencia de material orgánico o biogénesis, esto se presenta debido al vínculo directo que se tiene con las condiciones ambientales, como los eventos de precipitación presentados durante los primeros meses (Salazar & Montero, 2018). Cabe mencionar que el distrito de Chota presenta una temperatura ambiental promedio de 15,6 C°; pero teniendo en cuenta, que, es un clima menos uniforme que otras provincias de la región Cajamarca, siendo los primeros meses del año donde la temperatura presenta los valores más bajos (Gobierno Regional de Cajamarca, 2010).

El comportamiento de la Demanda Biológica de Oxígeno, los valores obtenidos fueron mayores a los límites máximos permitidos, como se evidencia en la figura 6. El cual tiene un riesgo ambiental medio, esto según la tabla 14 adaptada de la guía del riesgo ambiental (MINAM, 2010). El aumento del DBO₅ está conectado, con la concentración de

materia orgánica va en aumento, por el cual la DBO_5 nos indica la presencia de material orgánico presentes en los lixiviados generados por el botadero, la cual se encuentran en descomposición, y, cada mes va en aumento las muestras tomadas, debido principalmente que los primeros muestreos se realizaron en la culminación del tiempo de lluvias (Sánchez et al. 2012), (Bermúdez & Cruz, 2018).

La DQO presentó un comportamiento, la cual está reflejada en la figura 7, teniendo como mínima concentración de 1187 mg L^{-1} y como máxima de 2694 mg L^{-1} , en los puntos de muestreo M1 y M11 respectivamente, ambas mostradas en la serie 1. Para estimar el riesgo de este parámetro usaremos la tabla 14, la cual nos indica en el promedio de la DQO está por encima de los LMP, según la guía de riesgo ambiental (MINAM, 2010). Méndez et al (2004) en la caracterización de los lixiviados de los desechos sólidos, se obtuvieron datos altos con respecto al DQO, esto se presenta en botaderos jóvenes e intermedios. De igual manera las altas concentraciones de DQO, se debe a que los lixiviados jóvenes o medios tienden a caer la concentración del pH, con valores de 5 o menos, conocida como la fase de acidogénesis (Chávez, 2011), (Yaranga, 2021).

Teniendo la edad del botadero se puede mencionar que se trata de un botadero joven, donde la carga orgánica es elevada, lo cual explica los valores bajos del pH, los metales pesados, tal cual son: el Pb y Cd se encuentran en concentraciones bajas (Nájera, 2010), (Ruiz, 2020). Es preciso mencionar que los metales pesados muestreados en la siguiente investigación estuvieron por debajo de los LMP, tales como: Zinc, Cromo, Plomo, Mercurio y Cadmio, esto se debe a que se encuentra en un lixiviado joven, en el cual presenta de bajo a medio la concentración de la carga de los metales pesados (SIGMA, 2021)

De la estimación del peligro presentado en la tabla 14, se logró evidenciar que el promedio del pH es de 4,85; en la cual podemos afirmar que se trata de un lixiviado ácido y teniendo una gravedad media o moderada para las fuentes de agua y el suelo. La acidez de la muestra está relacionada a que el lixiviado se halla pasando por el periodo de acidogénesis, donde se activa el desarrollo microbiano iniciada en la etapa de transición con la producción significativa de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas hidrógeno, donde a menudo el pH del lixiviado cae hasta un valor de 5 o más bajo (Montes, 2011). El pH tiene un comportamiento de aumentar con la edad del lixiviado, el cual está relacionado con la deficiencia de la concentración de ácidos volátiles grasos - AGV's, el cual indica, si, un botadero es joven y va en una fase de acidogénica y se genera fermentación anaerobia que conlleva a la liberación de extensas cantidades de AGV's, los cuales simbolizan el 95% de la materia orgánica presente (Rivera et al., 2013).

Entre los parámetros estudiados, la Demanda Química de Oxígeno medida durante 5 días (DQO), presenta un riesgo ambiental ALTO, y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) presenta un riesgo ambiental MEDIO, con respecto a la estimación del peligro adaptado por Gonzáles (2018), donde el promedio del DQO durante los 4 meses fue de 2103,375 mg L⁻¹, las tomas de muestras fueron tomas de marzo a junio, siendo marzo uno de los meses con mayor precipitación en nuestra región de Cajamarca, tanto en tiempo de lluvias, estiaje y con la edad de funcionamiento del botadero, la concentración del DQO, fue elevado según la comparación con el cuadro de estimación de peligro. En países subdesarrollados los lixiviados jóvenes muestran elevadas concentraciones de DQO (Eugenio, 2020), las concentraciones de DBO₅ y DQO fueron elevadas tanto en tiempo de estiaje como en tiempo de lluvias.

Entre los parámetros biológicos en este caso los coliformes, se encuentran por debajo de los LMP, la cual se muestra en la tabla 16, adaptada de la Guía del Nivel del Riesgo Ambiental (MINAM,2010), Gonzáles (2018) menciona una concentración baja de este parámetro en los resultados de su investigación, pero considerando un riesgo leve, porque es acumulativo con el tiempo. En el caso de que este parámetro sobre pase los estándares de la calidad ambiental, López et al (2022) menciona que la alta presencia de los coliformes termotolerantes exponen a la vida acuática, la agricultura y el bienestar de las personas. León & Andrade (2021) es su investigación obtuvieron elevada presencia de coliformes, las cuales fueron tratadas gracias a un tanque de desinfección usando hipoclorito de calcio, logrando remover hasta el 99,97%.

Para los demás parámetros como: la temperatura, Oxígeno disuelto (OD), Cadmio total, Cromo IV, Mercurio total, Plomo total, Zinc total, aceites y grasas; se notó que sus concentraciones se hallan inferiores a los estándares de calidad ambiental según la Guía de evaluación del riesgo ambiental (MINAM, 2010).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El nivel del riesgo ambiental producido por los lixiviados en el botadero de desechos sólidos de la ciudad de Chota; en base a la caracterización, probabilidad de ocurrencia, gravedad de peligro, nivel de exposición y condiciones de fragilidad, por el impacto generado del lixiviado y la vulnerabilidad, es BAJO.
- Los lixiviados del botadero de la ciudad de Chota, presentan las siguientes características según los parámetros establecidos; los cuales son inferiores a los límites máximos permisibles son: Temperatura, coliformes termotolerantes, con 407,5 NMP/100 mL. Siendo el pH con un valor de 4,85 y el DBO₅ con un valor de 150,85 mg L⁻²; los cuales se encuentra en un nivel medio de peligrosidad; se registró una carga muy elevada de DQO, con una concentración promedio de 2103,375 mg L⁻¹, el cual excede los límites máximos permisibles, la cual se presenta en la de estimación de peligro ambiental (tabla 16) adaptada de la Guía del Nivel del Riesgo Ambiental (MINAM,2010).
- El peligro que genera el botadero de Pingobamba alto, tiene un valor de 1,5 el cual nos indica que se encuentra en un nivel de peligro BAJO, mejorando la gestión de los desechos sólidos en su disposición final.
- La vulnerabilidad provocada al ambiente existe en el área circundante al botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota, se halló primero el nivel de exposición y condiciones de fragilidad (tabla 8), posteriormente se estimó el valor del nivel de exposición desde el punto de lixiviado y el botadero (tabla 9), ambos tuvieron una

estimación baja (1), al no presenciar cuerpos de agua cercanos al botadero, con dirección al flujo de agua y la pendiente; por último se estimó la resiliencia (tabla 10), se obtuvo un valor bajo (3); teniendo estos valores se estimó la vulnerabilidad la cual se obtuvo un valor de (3), el cual indica una vulnerabilidad BAJO.

5.2.Recomendaciones

- Acondicionar el terreno de disposición final de los desechos sólidos, impermeabilizando con material adecuado (geomembrana) y recoger en reservorios y/o tanques para su tratamiento y evitar la contaminación por lixiviados a las masas de agua ubicadas en las partes bajas del área de expansión del botadero
- Realizar un tratamiento a los lixiviados con técnicas adecuadas como: tratamiento térmico (evaporación), biológicos, sistema de membranas, tratamientos físico-químicos y sistemas naturales; para minimizar el efecto contaminante, al agua, suelo, aires y a la población cercana al botadero.
- Llevar a la práctica una buena gestión sobre los desechos sólidos, como su segregación a la fuente y a su disposición final, para lograr así un menor riesgo ambiental, pues se observó algunos desechos municipales a la intemperie, los cuales pueden ser usados en algún programa de reciclaje, promovida por la Universidad Nacional Autónoma de Chota y la Municipalidad Provincial de Chota conjuntamente, con la finalidad de crear una conciencia a la población y ser más eficientes a la hora de realizar la valorización de los desechos sólidos.

- Realizar un estudio de valorización de la flora y fauna, estudio en calidad del aire, calidad del suelo, para complementar la investigación y conocer el impacto que produce la eliminación de desechos sólidos en el botadero.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2023). *Información básica del mercurio*.

<https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-mercurio#overview>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2005. *Reseña Toxicológica del Cinc (versión para comentario público) (en inglés)*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs60.html#:~:text=La%20mayor%20parte%20del%20cinc%20en%20el%20suelo%20est%C3%A1%20adherido,en%20sitios%20de%20desechos%20peligrosos.

Alvarado, A., Botero, S., Ferrari, L., Henríquez, A., Padilla, J. (2018). *Características de los lixiviados obtenidos en rellenos sanitarios y alternativas para sus tratamientos*. https://www.researchgate.net/publication/334469406_Caracteristicas_de_Lixiviados_de_Rellenos_Sanitarios_y_Alternativas_de_Tratamiento_Leachate_Characteristics_of_Sanitary_Landfills_and_Treatment_Alternatives

Anuar, M., Sufflan, M., Ming, L., Md, A., Hafiz, M., y Alrozi, R. (2017). *Una descripción general de la gestión de residuos sólidos municipales y los vertederos tratamiento de lixiviados: perspectivas de Malasia y Asia*. CROSSMARK. Springer Germany, 1(1). 10.1007/s11356-017-0303-9.

Barrenechea, A. 2005. *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Lima, PE. UNALM. 56p.

Becerra-Moreno, D., Rubio-Gomez, Y., Ramírez-Ríos, L. F., Barajas-Solano, A. F., & Martínez, F. M. (2021). *Procesos avanzados de oxidación basados en ozono como alternativa de tratamiento para lixiviados de rellenos sanitarios*. *Ciencia en Desarrollo*, 12(2).

Bermudez Cucuñame, E. A., & Cruz Imbachi, C. D. (2018). *Evaluación de la eficiencia en las especies *Phragmites Australis* y *Eleocharis Elegans Kunth* mediante dos humedales horizontales de flujo subsuperficial en función de la DQO, DBO y SST en las aguas mieles del beneficio del café, en la finca Don Renzo, del municipio de Piendamó Cauca (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria).*

Bustíos, Carlos y Martina, Martha y Arroyo, Ruth (2013). *Deterioro de la calidad ambiental la salud en el Perú actual*. *Revista Peruana de Epidemiología*, 17 (1), 1-9. ISSN. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2031/203128542001>

Cárdenas Rosales, C, R. (2017). *Propuesta para minimizar los impactos de los residuos sólidos urbanos bajo un modelo de gestión integral sostenible en la ciudad de Chota*.

Cardona Gómez, J., & García Galindo, L. A. (2008). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica*. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8207>

- Chucos, A. (2020). *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero “El Porvenir” – El Tambo*. Trabajo de Investigación para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8794>
- Cobos Ruiz, M & Costa Sinacay, M. (2011). *Lixiviado de residuos sólidos del relleno sanitario manual de Nauta y su genotoxicidad en Eisenia foetida “lombriz roja”*. Tesis para obtener el Grado Académico de magister en ecología y desarrollo sostenible. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Corena Luna, Mironel de Jesus. (2008). *Sistemas de tratamientos para lixiviados generados en rellenos sanitarios*.
<http://www.ods.org.pe/material-de-consulta/37-sistemas-de-tratamientos-para-lixiviados-generados-en-rellenos-sanitarios-colombia/file>
- Delgado Saborit, J.M (2007). *Nueva metodología para la evaluar cómo afectan las actividades de la empresa al entorno natural*.
<https://app.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n107-art4-La-medida-del-riesgo-medioambiental.pdf>
- Díaz Saenz, J. V. (2017). *Eficiencia de los métodos Ag1. 7 y Epa1664 en la cuantificación de aceites y grasas en aguas, Cajamarca, setiembre 2011 a mayo 2012*.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/6058/BC-222%20DIAZ%20SAENZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DIGESA. (2016). *Parámetros Organolépticos*. DIGESA.

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf

Espitia-Antonio, F. G. (2017). *Diagnóstico, evaluación y planteamiento de mejora en los componentes de la planta de aguas residuales en el municipio de Buenavista Boyacá*.

Eugenio, G. (2020). *Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes*. Revista de Ingeniería, 20.

Frías, T., & Montilla, L. (2016). “Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto – Perú 2014 2015”. <http://search.jamas.or.jp/link/ui/2016108104>

Gallardo Gálvez, R. G., & Pichén Díaz, J. N. (2019). *Evaluación del tratamiento de la fracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, 2019*.

Garrido Vergara, M, E., (2008). *Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos, adaptación para su informatización utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía*, 1(1), 154-158.
<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/1860/1738283x.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ghosh, P., Shekhar, I., y Kaushik, A. (2017). *Bioensayos para la evaluación del riesgo toxicológico de los lixiviados de vertederos: Una revisión*. ELSEVIER. *Ecotoxicología y seguridad ambiental*, 141(1), 259-270.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.03.023>.

- Giraldo Gómez, E. (2016). *Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios-avances recientes*.
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2006). *Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de demarcación territorial de la provincia de Chota. Gerencia regional de planeamiento, presupuesto y acondicionamiento territorial*.
- Gobierno regional de Cajamarca. (2010). *Mapa climático del departamento de Cajamarca*.
- Gómez Vásquez, E. (2018). *Afectaciones ambientales de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios sobre el recurso agua*. Universidad Nacional de Santander. Facultad de Ciencias. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/173184.pdf>.
- 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*. Cajamarca, Perú.
- Hernández Berriel, M. Del C., Álvarez Fragoso, N. O., Vaca, R., Márquez Benavides, L., & Lugo, J. (2012). *Determinación de metales pesados en residuos sólidos y lixiviados en biorreactores a diferentes tasas de recirculación*. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28, 77–82. Recuperado a partir de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/34935>
- Lapeyre Cerna, M. E y Pequeño Otoyá, J. P. (2019). *Efecto de la oxidación fenton sobre la materia orgánica de los lixiviados de la infraestructura y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, 2019*. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1227>

Li, W., Gu, K., Yu, Q., Sun, Y., Wang, Y., Xin, M., Bian, R., Wang, H., Wang, Y., y Zhang, D. (2021). *Comportamiento de lixiviación y evaluación del riesgo ambiental de metales tóxicos en cenizas volantes de incineración de residuos sólidos municipales expuestas a vertederos maduros ambiente de lixiviados*. ELSEVIER. Gestión de residuos, 120(1), 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.020>.

León, H., Cruz, C., Dávila, R., Velasco, F., y Chapa, J. (2015). *Impactos del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nueva León) sobre la calidad del agua superficial y subterránea*. Revista mexicana de ciencias geológicas, Scielo. 32(3).
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S102687742015000300514&script=sci_abstract.

León-Chimbolema, J. G., & Andrade-Borja, B. F. (2021). *Tratamiento biológico complementario para lixiviados como alternativa para mitigar la contaminación ambiental. Caso: botadero "Curgua"*. Polo del Conocimiento, 6(6), 1099-1115.

López Ramírez, M. Á., Aburto Gutiérrez, Y. A., Ocaña Drouaillet, K. E., Olaya Pirene, C. O., Reynoso, F. L., & Ramírez, M. L. (2022). *Caracterización fisicoquímica y biológica de los lixiviados procedentes del sitio de disposición final no controlado en Tlapacoyan, Veracruz, México*. Enfoque UTE, 13(3), 1-13.

Lozano Montes, Cinthya Rosario. (2017). *Identificación y evaluación de riesgos ambientales en la disposición final de residuos sólidos en el Distrito de Lari, Provincia de Caylloma, Arequipa*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4429>

Maldonado, Juan. (2002). *Rellenos sanitarios*. Guía ambiental. MINAMBIENTE.

Méndez Novelo, R. I., Castillo Borges, E. R., Sauri Riancho, M. R., Quintal Franco, C. A., Giácoman Vallejos, G., & Jiménez Cisneros, B. (2009). *Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados*. Revista internacional de contaminación ambiental, 25(3), 133-145.

MINAM | Ministerio del ambiente. (2008). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. <https://sinia.minam.gob.pe/modsinia/public/docs/2643.pdf>

MINAM (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Viceministerio de Gestión Ambiental. Dirección General de Calidad Ambiental. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf.

MINAM | Ministerio del ambiente. (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. Dirección general de políticas, normas e instrumentos de gestión ambiental.

MINAM | Ministerio del ambiente. (2016). *Glosario de términos sitios contaminados*. Dirección general de calidad ambiental. <http://sial.minam.gob.pe/rioja/documentos/glosario-terminos-sitios-contaminados>

MINAM | Ministerio del ambiente. (2016). *Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016 – 2024*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>

MINAM | Ministerio del ambiente. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio.*

Módulo 3: agua y alimento.

<https://www.minam.gob.pe/educacion/wpcontent/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>

MINAM | Ministerio del ambiente. (2017). *Residuos y áreas verdes.*

<http://www.minam.gob.pe/educacion/wpcontent/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-2.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-2.pdf>

Montalvo Quiroz, J. S., Quispe Becerra, M. (2018). “*Contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario*”.

MONTES, W. M. C. (2011). *Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.*

Municipalidad Provincial de Chota. 2019. *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales.*

Najera Aguilar, H. A. (2010). *Alternativas de tratamiento fisicoquímico en lixiviados recalcitrantes y su manejo en el territorio nacional.*

Narea, M. S., Davidson, E. P., & Evans, C. E. A. (2011). *Criterios para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante evaporación por radiación solar.*

Novelo, R. M., Borges, E. C., Riancho, M. R. S., Franco, C. Q., Vallejos, G. G., & Mejía, B. J. (2004). *Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario.* Ingeniería, 8(2), 155-163.

OEFA | Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*.

Öman, C. B., & Junestedt, C. (2008). *Chemical characterization of landfill leachates—400 parameters and compounds*. *Waste management*, 28(10), 1876-1891.

Organización de las Naciones Unidas. (18 de septiembre de 2019). *Cómo la basura afecta al desarrollo de América Latina*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>

Organización Panamericana de la Salud, 2022. *Plomo*. <https://www.paho.org/es/temas/plomo>

Pellón Arrechea, A., López Torres, M., Espinosa Lloréns, M. D. C., & González Díaz, O. (2015). *Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos*. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 36(2), 3-16.

Peña, L. M. (2015). · “*Calidad del recurso hídrico de la laguna Los Milagros- José Crespo y Castillo*”. Facultad de Zootecnia. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/650/T.FRS268.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez García, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2012). *Los efectos del cadmio en la salud*. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199-205 <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>

Quintero Ramírez, A. (2016). *Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en las propiedades geotécnicas de un suelo tropical* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de

<https://www.redalyc.org/jatsRepo/496/49655603036/html/index.html>.

Quintero Ramírez, A., Valencia González, Y., & Lara Valencia, L. A. (2017). *Effect of solid wastes leachates on a tropical soil*. Dyna, 84(203), 283-290.

Quispe Huallpa, S. M. (2016). *La gestión de riesgos ambientales y el desarrollo de la conciencia ambiental en los estudiantes y los padres de familia de la institución educativa inicial villa Guadalupe Santa Inés-Cusco*.

Rabanal Díaz, H. W. (2017). *Caracterización de los residuos sólidos de competencia municipal, que permitiría el diseño del relleno sanitario y la evaluación de impactos ambientales en la ciudad de Chota*.

Raffo, E., & Ruiz, E. (2015). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. Journal of the American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/ja00334a047>

Reina, V. C. (2011). *Caracterización química inorgánica y orgánica de los lixiviados del relleno sanitario "La Bonanza"*.

Rivera-Laguna, E., Barba-Ho, L., & Torres-Lozada, P. (2013). *Determinación de la toxicidad de lixiviados provenientes de residuos sólidos urbanos mediante indicadores biológicos*. Afinidad, 70(563).

Rojas Barreto, M. (2016). *Evaluación de la calidad físico química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno*.

- Romero, Domínguez y H. Seuc. (2010). *Aspectos metodológicos para estimar la carga de factores de riesgo ambientales*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología
- Ruíz Guzmán, F. A. (2020). *Uso de humedales construidos subsuperficiales de flujohorizontal sembrados con policultivos de especies nativas bajo condiciones del trópico americano para la eliminación de materia orgánica, nitrógeno y metales pesados de lixiviados de relleno sanitario*.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/17942>
- Salazar Zapata, K. J., & Montero Zapata, L. J. (2018). *Estudio de humedales artificiales para la eliminación de nitrógeno en lixiviados provenientes de la disposición final de residuos sólidos municipales*.
- Sánchez Chávez, W. A. (2020). *Evaluación de los lixiviados generados en el botadero de Carhuashjirca y los impactos ambientales generados en la quebrada Vientojirca–Independencia–Huaraz–Ancash–2018*.
- Sanchez Corzo, L. D., Escobar Megchun, S. I., Najera Aguilar, H. A., & Gutierrez Hernandez, R. F. (2012). *Caracterización de los lixiviados en las dos lagunas de evaporación del relleno sanitario de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México*.
- Science for a Healthy California. (2016). *Efectos del Cromo Hexavalente Sobre la Salud. Una hoja informativa de la Oficina de Evaluación de Peligros de Salud Ambientales (OEHHA) de CalEPA. 9 de noviembre de 2016*
<https://oehha.ca.gov/media/downloads/faqs/sphexchromiumairfact111616.pdf>

SIGMA. (2021). *Lixiviados: soluciones eficaces para el medio ambiente y tratamientos propuestos por SIGMA.*

<https://aguasigma.com/es/articulos-tecnicos/tratamiento-de-lixiviados-en-vertederos>

SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. (2019). *Cajamarca: estadísticas ambientales.* <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/cajamarca-estadisticas-ambientales-diciembre-2019>.

Ullca, J. (2005). *Los rellenos sanitarios.* La granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, (4), 2-17.

Valles Chávez, A. M. (2013). *Tratamiento fisicoquímico y biológico de lixiviado del relleno sanitario de la ciudad de Chihuahua.* (Tesis de Maestría). Centro de Investigación en Materiales Avanzados, México.
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/127>

World Bank. (20 de septiembre de 2018). *El futuro de la gestión de los desechos sólidos.* <https://www.bancomundial.org/es/news/immersivestory/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>.

Yaranga Montañéz, J. S. (2021). *Eficiencia de la oxidación Fenton y Foto Fenton en la remoción de DQO en lixiviados del botadero “El Porvenir”, distrito de El Tambo, Huancayo, Junín.*

7.2. Informes de análisis de muestras de lixiviados

Figura 13

Informe de ensayo N° IE 0622424



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-D CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0622424

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra			Botadero A	Botadero B	Botadero C	Botadero D	-	-
Código Laboratorio			0622424-01	0622424-02	0622424-03	0622424-04	-	-
Matriz			Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	-	-
Descripción			Lixiviación	Lixiviación	Lixiviación	Lixiviación	-	-
Localización de la Muestra			Chota	Chota	Chota	Chota	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Temperatura (T°)	°C	N.A.	17.6	14.9	16.5	13.9		
(*) Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	N.A.	4.67	4.82	5.32	5.2		
(*) Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	142.4	158.3	164.8	183.4		
(*) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3000	2689	2694	2343	2169		
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5000	6.4	6.2	5.7	6.3		

Leyenda: LCM Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	450	520	310	350	-	-

Nota: Los Resultados <1,0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se apreciaron estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2020 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 9094 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SOT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	SM914W APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	SM914W APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O2/L	SM914W APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved): Azide Modification
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SM914W APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group: Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto, no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas in campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmendadas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realizaron los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de pericadabilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión del informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"



Código del Formulario: 23-F01 Rev: N°03 Fecha: 03/07/2020

Dr. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/ta. VEB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regia.cajamarca.gob.pe / laboratorio@regia@informat.com FONO: 080000 4444 1140

Cajamarca, 05 de Julio de 2022



Primario: Agregar sello por: L. DÍAZ
LEON F. HUANCA P. A.
23/07/2022 10:40:30 AM
Revista: Day 07
Fecha: 2022-07-05 10:40:30 AM

Página: 3 de 3

Figura 14
Informe de ensayo N° IE 0622424



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-D
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0622424

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			Botadero A	Botadero B	Botadero C	Botadero D	-	-
Código Laboratorio			0622424-01	0622424-02	0622424-03	0622424-04	-	-
Matriz			Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	-	-
Descripción			Lixiviación	Lixiviación	Lixiviación	Lixiviación	-	-
Localización de la Muestra			Chota	Chota	Chota	Chota	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.276	0.283	0.276	0.281	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.029	0.029	0.029	0.029	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	50.28	49.66	49.72	50.22	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	0.181	0.194	0.177	0.183	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	0.404	0.428	0.415	0.412	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.006	0.006	0.006	0.006	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	13.82	13.79	13.79	13.79	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.023	0.022	0.023	0.23	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0260	2.050	1.976	1.991	1.996	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	1.429	1.336	1.371	1.378	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	4.333	4.388	4.319	4.345	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.522	0.518	0.521	0.519	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.007	0.007	0.007	0.007	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Silice (SiO2)	mg/L	0.2225	9.268	9.386	9.238	9.234	-	-

Cajamarca, 05 de Julio de 2022



Dr. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ/IN. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
E-mail: luisalberto@laga@lgp.org.pe / luis@incofotagua@hot-mat.com FONO:399000 ext:1140

Página: 2 de 3

Figura 15
Informe de ensayo N° IE 0622424



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-D CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
D.S. - Perú
Organismo de Acreditación

INFORME DE ENSAYO N° IE 0622424

DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	EMERSON NAPOLEÓN CHÁVEZ FUENTES		
Dirección	JR CONTAMANA N° 317		
Persona de contacto	EMERSON NAPOLEÓN CHÁVEZ FUENTES	Correo electrónico	emersonfuenteschavez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	21.06.22	Hora de Muestreo	10:00 a 11:30
Responsable de la toma de muestra	Ciente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	03		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Chota- Cajamarca		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-583	Cadena de Custodia	CC - 424 - 22
Fecha y Hora de Recepción	21.06.22	15:19	Inicio de Ensayo 21.06.22 15:40
Reporte Resultado	05.07.22	09:55	



FIRMA DIGITAL

File de signatura per NEYRA
Eduardo Miguel Jaico
DNI: 741189-678
Mail: e.jaico@regcajamarca.gob.pe
Firma: 05/07/2022 13:38 +05:00

Eduardo Miguel Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 05 de Julio de 2022

Figura 16
Informe de ensayo N° IE 0622420

		<p align="center">LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-D CON REGISTRO N° LE-084</p>			
INFORME DE ENSAYO N° IE 0622420					
DATOS DEL CLIENTE					
Razon Social/Nombre	EMERSON NAPOLEÓN CHÁVEZ FUENTES				
Dirección	JR. CONTAMANA N° 317				
Persona de contacto	EMERSON NAPOLEÓN CHÁVEZ FUENTES	Correo electrónico	emersonfuenteschavez@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha del Muestreo	21.06.22	Hora de Muestreo	8:00 a 9:30		
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-		
Procedimiento de Muestreo	-				
Tipo de Muestreo	Puntual				
Número de puntos de muestreo	03				
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos				
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación				
Referencia de la Muestra:	Chota- Cajamarca				
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO					
N° Contrato	SC-583	Cadena de Custodia	CC - 424 - 20		
Fecha y Hora de Recepción	07.03.22	15:00	Inicio de Ensayo	07.03.22	15:30
Reporte Resultado	03.05.22	09:55			
					
					
Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028					

Cajamarca, 03 de Junio de 2022

Figura 17
Informe de ensayo N° IE 0622420



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-D
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0622420

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			Botadero A	Botadero B	Botadero C	Botadero D	-	-
Código Laboratorio			0622424-01	0622424-02	0622424-03	0622424-04	-	-
Matriz			Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	-	-
Descripción			Lidvación	Lidvación	Lidvación	Lidvación	-	-
Localización de la Muestra			Chota	Chota	Chota	Chota	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.276	0.283	0.276	0.279	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.029	0.029	0.029	0.029	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	50.28	49.66	49.72	50.26	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	0.181	0.194	0.177	0.184	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	0.404	0.428	0.415	0.415	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.006	0.006	0.006	0.006	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	13.82	13.79	13.79	13.79	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.023	0.022	0.023	0.23	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0260	2.050	1.976	1.991	1.992	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	1.429	1.336	1.371	1.376	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	4.333	4.388	4.319	4.341	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.522	0.518	0.521	0.502	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.007	0.007	0.007	0.007	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Silice (SiO2)	mg/L	0.2225	9.268	9.386	9.238	9.236	-	-

Cajamarca, 03 de Junio de 2022



AL LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
E-mail: laboratorio@lgca@gob.regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@lgca@hinet.net.pe FONO: 0900000000 ext. 1140

Página: 2 de 3

Figura 18
Informe de ensayo N° IE 0622420



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - D
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0622420

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra			Botadero A	Botadero B	Botadero C	Botadero D	-	-
Código Laboratorio			0622420-01	0622420-02	0622420-03	0622420-04	-	-
Matriz			Proceso	Proceso	Proceso	Proceso	-	-
Descripción			Lixiviación	Lixiviación	Lixiviación	Lixiviación	-	-
Localización de la Muestra			Chota	Chota	Chota	Chota	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Temperatura (T°)	°C	N.A.	18.5	15.6	18.2	15.7		
(*) Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	N.A.	4.65	4.77	4.66	4.71		
(*) Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM		
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	137.3	139.4	139.4	141.8		
(*) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3000	1187	1189	2323	2233		
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5000	6.4	6.6	6.3	6.7		

LEYENDA: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	450	520	310	350	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO2, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994 (Validado) 2020, Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010, n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	SMEWW-APHA-AWWA/WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017, Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	SMEWW-APHA-AWWA/WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017, Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O2/L	SMEWW-APHA-AWWA/WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017, Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA/WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017, Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto, no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión del informe de ensayo, luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"



Código del Formato: P-23-F01 Rev. N° 03 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 03 de Junio de 2022



7.3. Panel fotográfico

Figura 19

Recolección de muestras para enviar a laboratorio



Figura 20

Recolección de muestras para enviar a laboratorio



Figura 21

Georreferenciación de puntos de acumulación de lixiviados



Figura 22

Georreferenciación del perímetro del botadero de residuos sólidos



Figura 23

Punto de acumulación lixiviado



Figura 24

Análisis in situ de lixiviado



Figura 25

Análisis in situ de lixiviado



Figura 26
Análisis in situ de lixiviado



Figura 27
Análisis in situ de lixiviado

