UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE CORONEL PORTILLO QUE SE EXTIENDEN AL MEDIO AMBIENTE POR SUELO Y AIRE, PUCALLPA – PERU

Tesis para optar el título profesional

INGENIERO AMBIENTAL

FRANK KLEIDER GOMEZ BEMBINO

PUCALLPA, PERU

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N°238-2025-CGT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 09:20 horas del día jueves 24 de julio del 2025, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, designados con Memo Múltiple N° 038-2025-UNU-FCFyA-CGT, conformado por:

Dr. Juan Edgar Díaz Zúñiga	Presidente
Dr. César Mori Montero	Miembro
MSc. Letty Leonor Sandoval Mendoza	Miembro

Se procedió a la sustentación de la tesis denominada: **"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE CORONEL PORTILLO QUE SE EXTIENDEN AL MEDIO AMBIENTE POR SUELO Y AIRE, PUCALLPA – PERU"**, presentado por el bachiller **FRANK KLEIDER GOMEZ BEMBINO,** asesorado por el **DR. RUBÉN DARIO MANTURANO PÉREZ.** Habiendo culminado la sustentación, se procedió a la formulación de las preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD**, recomendando levantar las observaciones indicadas, quedando expedito para el otorgamiento del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL.**

Siendo las 10:20 horas del mismo día, se da por concluido el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Juan Edgar Díaz Zúñiga
Presidente

MSc. Letty Leonor Sandoval Mendoza
Miembro

Dr. César Mori Montero
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Juan Edgar Díaz Zúñiga

Presidente

Dr. César Mori Montero

Miembro

MSc. Letty Leonor Sandoval Mendoza

Miembro

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez

Asesor

Bach. Frank Kleider Gomez Bembino

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0409-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE CORONEL PORTILLO QUE SE EXTIENDEN AL MEDIO AMBIENTE POR SUELO Y AIRE, PUCALLPA – PERU**"

Autor(es)	:	**GOMEZ BEMBINO, FRANK KLEIDER**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**Mg. PÉREZ VIGILIO, JULIÁN ROBERT**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 20/08/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Frank Kleider Gomez Bembino

Autor de la tesis titulada : Determinación de las características físicas, químicas y microbiológicas de sustancias tóxicas en el botadero municipal de Coronel Portillo que se extienden al medio ambiente por suelo y aire, Pucallpa - Perú.

Sustentada el año 2025

Asesor(a): Dr. Rubén Darío Manturano Pérez

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 10 / 12 / 2025

Email: frankgm2bonbon33@gmail.com Firma: _____

Teléfono: 923068542 DNI: 75729989

DEDICATORIA

A mi padre Francisco y mi madre Yarita porque siempre confiaron y creyeron en mí, a mis hermanas Sadith, Karol y Danna por todo el apoyo que me brindaron desde el primer momento, ya que sin ellos nada de esto sería realidad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos cumplir con este objetivo, y no dejarnos derrotar.

A la Universidad Nacional de Ucayali por haberme dado la oportunidad de estudiar y culminar los estudios obteniendo el grado de Bachiller en Ciencias Ambientales y ahora para obtener el título de Ingeniero Ambiental.

Al Dr. Rubén Darío Manturano Pérez por sus enseñanzas impartidas y por el apoyo que me brindó en este trayecto como asesor de tesis.

A todos nuestros docentes de la escuela de ingeniería ambiental, por la dedicación y vocación brindada.

A los amigos que siempre contribuyeron con nosotros, y estuvieron presentes desde el primer momento siendo un valioso apoyo en esta travesía.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTOS vii
ÍNDICE GENERAL viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE ANEXOS xiii
RESUMEN xiv
ABSTRACT. xv
INTRODUCCIÓN xvi
CAPÍTULO I 18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18
1.2.1. Problema General 19
1.2.2. Problemas Específicos 19
1.3. Justificación 20
1.4. Objetivos 21
1.4.1. Objetivo General 21
1.4.2. Objetivos Específicos 21
1.5. Hipótesis 21
1.5.1. Hipótesis General 21
1.5.2. Hipótesis Específicas 21
CAPÍTULO II 23
MARCO TEÓRICO 23
2.1. Antecedentes de la Investigación 23
2.2. Bases Teóricas 31
CAPITULO III 46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 46
3.1. Método de Investigación 46
3.1.1. Tipo de Investigación 46
3.1.2. Nivel de Investigación 46
3.1.3. Diseño de la Investigación 46

3.2. Población, muestra y lugar del estudio 47
3.2.1. Población.....47
3.2.2. Muestra.....47
3.2.3. Lugar del estudio.....47
3.3. Procedimiento de recolección de datos 48
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....49
3.5. Procesamiento para recolección de datos 50
3.6. Tratamiento de datos.....51
CAPITULO IV 52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52
CONCLUSIONES.....83
RECOMENDACIONES 85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....86
ANEXOS…….. 92

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Clasificación de valores INCA 41
Tabla 2. Características de monitoreo 43
Tabla 3. Análisis estadístico descriptivo de los parámetros físicos del suelo en el botadero municipal de Coronel Portillo 52
Tabla 4. Análisis estadístico descriptivo de las concentraciones de Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Hierro (Fe) en el suelo del botadero municipal de Coronel Portillo. 53
Tabla 5. Análisis estadístico descriptivo de coliformes totales en el botadero municipal Coronel Portillo 54
Tabla 6 Análisis estadístico descriptivo de gases tóxicos del aire en el botadero municipal Coronel Portillo 56
Tabla 7. Análisis estadístico descriptivo del aire del botadero municipal de Coronel Portillo en partes por millón (ppm) 58
Tabla 8. Relación entre el CO y las fechas de evaluación 61
Tabla 9. Relación entre el H2S y las fechas de evaluación 62
Tabla 10. Relación entre el NO2 y las fechas de evaluación 62
Tabla 11. Relación entre el SO2 y las fechas de evaluación 62
Tabla 12. Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y monóxido de carbono 63
Tabla 13. Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el monóxido de carbono) 63
Tabla 14. Coeficiente de regresión (temperatura y el monóxido de carbono 64
Tabla 15. Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y el sulfuro de hidrogeno 66
Tabla 16. Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el sulfuro de hidrogeno) 66
Tabla 17. Coeficiente de regresión (temperatura y el sulfuro de hidrogeno) 67
Tabla 18. Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y dióxido de nitrógeno 70
Tabla 19. Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el dióxido de nitrógeno) 71
Tabla 20. Coeficiente de regresión (temperatura y el dióxido de nitrógeno) 71

Tabla 21. Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y dióxido de azufre 73
Tabla 22. Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el dióxido de azufre) 73
Tabla 23. Coeficiente de regresión (temperatura y el dióxido de azufre) 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Imagen satelital de Botadero Municipal CFB KM 22. 48
Figura 2. *Comportamiento de los gases de monóxido de carbono respecto a las horas de recolección de datos*. 59
Figura 3. Comportamiento de los gases de sulfuro de hidrogeno respecto a las horas de recolección de datos. 60
Figura 4. Comportamiento de los gases de dióxido de nitrógeno respecto a las horas de recolección de datos. 60
Figura 5. Comportamiento de los gases de dióxido de azufre respecto a las horas de recolección de datos. 61
Figura 6. Dispersión de puntos de las variables Monóxido de carbono y temperatura. 65
Figura 7. Dispersión de puntos de las variables del sulfuro de hidrogeno y temperatura. 69
Figura 8. Dispersión de puntos de las variables dióxido de nitrógeno y temperatura. 72
Figura 9. Dispersión de puntos de las variables dióxido de azufre y temperatura. .. 76

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Características de los gases en el aire del botadero municipal en (ug/m3) y (ppm). 93
Anexo 2. Resultados de análisis de suelos del botadero Municipal Coronel Portillo. 95
Anexo 3. Métodos analíticos para la interpretación. 95
Anexo 4. Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 1. 96
Anexo 5. Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 2. 96
Anexo 6. Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 3. 97
Anexo 7. Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 4. 97
Anexo 8. Monitoreo de la calidad del aire. 98
Anexo 9. Equipo para evaluar la calidad del aire. 98
Anexo 10. Tomando datos del monitoreo. 99
Anexo 11. Equipo instalado según la dirección del viento. 99
Anexo 12. Toma de muestra de suelo para su análisis, área M1. 100
Anexo 13. Toma de muestra de suelo para su análisis. 100
Anexo 14. Toma de muestra de suelo para su análisis, área M1 en otro punto. ... 101
Anexo 15. Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 2, M2. 102
Anexo 16. Toma de muestra de suelo para su análisis área M2. 102
Anexo 17. Toma de muestra de suelo para su análisis. 103
Anexo 18. Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 3, M3. 103
Anexo 19. Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 3. 104
Anexo 20. Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 3. Diferente punto. 104
Anexo 21. Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 4. 105
Anexo 22. Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 4. Muestra en diferentes puntos. 105
Anexo 23. Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 4. 106

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo describir las características físicas, químicas y microbiológicas de sustancias tóxicas en el botadero municipal de Coronel Portillo, Pucallpa, Perú, que se extienden al medio ambiente a través del suelo y el aire. Se evaluaron propiedades del suelo y calidad del aire, comparando niveles de gases contaminantes con el Índice de Calidad del Aire (INCA) y analizando el efecto de la temperatura sobre sus concentraciones. La investigación fue de tipo aplicada, descriptiva, no experimental y correlacional, realizada en un área de 34 ha, recolectando 24 muestras de suelo en 10 ha con residuos sólidos mediante un diseño en zigzag, junto con mediciones in situ de CO, H_2S, NO_2 y SO_2. Los resultados mostraron suelos con una composición granulométrica variable, lo que influye en la retención de agua y nutrientes. El análisis químico mostró que los suelos son ácidos (pH 4.81) además, detectó concentraciones variables de Cd, Pb y Fe, con mayor variabilidad espacial del Pb. En el aspecto microbiológico, se registró una media de 17,750 UFC de coliformes totales, evidenciando contaminación bacteriana significativa. En el aire, el CO alcanzó niveles moderados en ciertos periodos, mientras que el H_2S (0.027 ppm) superó el límite de la OMS (0.005 ppm), lo que indica una fuente persistente de emisión. La temperatura mostró impacto significativo en la concentración de H_2S, NO_2 y el SO_2, pero no de manera significativa en el CO. En conclusión, el botadero municipal representa un foco importante de contaminación que afecta suelo y aire, con potenciales impactos en la salud pública y el medio ambiente.

Palabras clave: Residuos Sólidos, Sustancias Orgánicas e Inorgánicas, Sustancias Tóxicas.

ABSTRACT

The present study aimed to describe the physical, chemical, and microbiological characteristics of toxic substances in the municipal dumpsite of Coronel Portillo, Pucallpa, Peru, that spread into the environment through soil and air. Soil properties and air quality were evaluated, comparing pollutant gas levels with the Air Quality Index (INCA) and analyzing the effect of temperature on their concentrations. The research was applied, descriptive, non-experimental, and correlational in nature, conducted over an area of 34 ha, with 24 soil samples collected from 10 ha containing solid waste using a zigzag sampling design, along with in situ measurements of CO, H_2S, NO_2, and SO_2. The results showed soils with a variable particle size distribution, which influences water and nutrient retention. The chemical analysis indicated that the soils are acidic (pH 4.81); furthermore, it detected variable concentrations of Cd, Pb, and Fe, with greater spatial variability in Pb. Microbiologically, the mean total coliform count was 17,750 CFU, indicating significant bacterial contamination. In the air, CO reached moderate levels during certain periods, while H_2S (0.027 ppm) exceeded the WHO limit (0.005 ppm), indicating a persistent emission source. Temperature significantly affected the concentrations of H_2S, NO_2, and SO_2, but had no significant effect on CO. In conclusion, the municipal dumpsite represents a major source of contamination affecting both soil and air, with potential impacts on public health and the environment.

Keywords: Solid waste, organic and inorganic substances, toxic substances.

INTRODUCCIÓN

La gestión de desechos sólidos representa uno de los desafíos más significativos en la protección del medio ambiente y la salud pública. En Perú, la situación se complica aún más debido a la falta de infraestructura adecuada y las prácticas ineficientes en el manejo de residuos. En este contexto, el botadero municipal de Coronel Portillo, ubicado en Pucallpa, se presenta como un caso emblemático que ilustra los problemas asociados con la disposición inadecuada de desechos.

Este estudio se centra en una evaluación exhaustiva de las características físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias tóxicas presentes en el botadero de Coronel Portillo y su impacto en el medio ambiente circundante. Se han llevado a cabo investigaciones detalladas para identificar cómo estas sustancias afectan tanto al suelo como al aire, con el objetivo de ofrecer una comprensión integral de los problemas asociados y de proponer medidas efectivas para su mitigación.

Los objetivos de esta investigación incluyen la evaluación de las propiedades del suelo en relación con la presencia de sustancias tóxicas, la comparación de las concentraciones de gases tóxicos en el aire con los estándares de calidad del aire, y la determinación del efecto de la temperatura en las emisiones de estos gases. Estas metas permiten una visión holística de la situación del botadero y la identificación de áreas críticas que requieren atención urgente.

Las conclusiones del estudio revelan problemas graves y generalizados en el botadero municipal de Coronel Portillo. Los parámetros físicos del suelo muestran que la densidad aparente del suelo es relativamente homogénea, pero la variabilidad en la composición del suelo indica una mezcla diversa de partículas que influye en sus propiedades físicas y su capacidad para retener agua y nutrientes.

En términos de parámetros químicos, el suelo muestra una tendencia hacia la acidez, con una media de pH de 4.813, lo que puede afectar negativamente la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, las concentraciones de sustancias tóxicas como el cadmio (Cd), plomo (Pb) y hierro (Fe) revelan una

variabilidad significativa. Mientras que las concentraciones de Cd son relativamente constantes, los altos niveles de Pb y Fe sugieren la presencia de diversas fuentes de contaminación. La información obtenida es crucial para evaluar los niveles de contaminación y su impacto en la salud y el medio ambiente.

Los parámetros microbiológicos muestran una alta variabilidad en las concentraciones de coliformes totales, con valores que oscilan entre 0 y 55,000. La media de 17,750 coliformes totales indica un nivel significativo de contaminación bacteriana, que plantea riesgos importantes para la salud de los trabajadores y residentes cercanos. Este hallazgo subraya la necesidad de implementar medidas de control y mitigación para reducir la contaminación microbiológica.

En cuanto a los gases tóxicos, los resultados muestran que el monóxido de carbono (CO) alcanza niveles moderados en ciertos momentos, lo que sugiere que las concentraciones pueden superar los límites de seguridad temporalmente. El sulfuro de hidrógeno (H_2S) presenta valores promedio que exceden el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud, indicando un riesgo potencial para la salud pública. Es necesario un monitoreo constante y la implementación de medidas de control para reducir las emisiones de H2S y otros gases tóxicos.

Finalmente, el estudio revela que la temperatura tiene un impacto significativo en las concentraciones de gases tóxicos como el H_2S,NO_2 y el SO_2, lo que destaca la necesidad de estrategias de gestión adaptativas para manejar las variaciones estacionales y minimizar las emisiones durante los períodos de altas temperaturas.

El estudio del botadero municipal de Coronel Portillo evidencia problemas críticos que afectan tanto al medio ambiente como a la salud pública. Las conclusiones y recomendaciones proporcionadas destacan la importancia de un monitoreo continuo, la identificación de fuentes de contaminación, y el desarrollo de estrategias de control y mitigación para mejorar la gestión de residuos en la región. La implementación de estas medidas es esencial para proteger la salud de la comunidad y garantizar un entorno más saludable y sostenible.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Muchos países en el mundo no poseen un sistema de tratamiento de sus residuos sólidos. Una de las regiones más afectadas es Latinoamérica: más del 50% de los desechos sólidos son depositados en botaderos de basura al aire libre, teniendo como consecuencia altos niveles de contaminación y la proliferación de enfermedades en la población y en la fauna (Innova, s.f.).

En el caso del Perú, más del 40% de los desechos sólidos terminan en botaderos. Por lo tanto, el tratamiento de la basura se convierte en una problemática ambiental que también tiene consecuencias a nivel social y político en este país (Innova, s.f.).

Uno de los problemas más graves relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el Perú es su disposición final. Es común observar que las ciudades, aunque tengan un apropiado sistema de recolección de residuos sólidos, disponen sus residuos en los ríos, el mar, las quebradas y espacios públicos en general. La práctica de disponer los residuos en lugares abiertos, comúnmente denominados botaderos, es altamente nociva para el ambiente y pone en grave riesgo la salud de la población (DIGESA, 2004).

Los botaderos se pueden convertir en rellenos sanitarios o ser clausurados de modo tal que el lugar quede plenamente rehabilitado sin contaminación ambiental; sin embargo, en el Perú existen muy pocas experiencias de este tipo porque la disposición final de los residuos sólidos ha sido un tema que no ha tenido prioridad en las municipalidades y tampoco en la población local. Ante las importantes iniciativas de desarrollo socioeconómico, en armonía con el ambiente y la conservación de los recursos naturales que el país viene experimentando, la conversión y la rehabilitación de los botaderos representa un desafío impostergable. Más aún cuando la legislación peruana

prohíbe expresamente el uso de los botaderos como medio para la disposición final de los residuos sólidos (DIGESA, 2004).

El botadero municipal de Coronel Portillo, en Pucallpa, abarca 34 hectáreas, con 10 hectáreas llenas de residuos. Estudios indican suelo ácido (pH 4.81), presencia de metales pesados y alta contaminación microbiológica. En el aire, se detectan gases tóxicos como CO y H_2S, este último por encima de los límites de la OMS. La temperatura influye en la emisión de estos gases, representando un riesgo ambiental y de salud.

La investigación se desarrolló con el propósito de identificar las características físico, químico y microbiológico producido en el suelo y aire en el área del botadero para así determinar los impactos generados por el botadero municipal sobre la mayoría de factores ambientales de su entorno.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cuáles serán las características físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias tóxicas en el botadero Municipal de Coronel Portillo que se extienden al medio ambiente por suelo y aire?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias tóxicas en el botadero Municipal de Coronel Portillo que se extienden al medio ambiente en el suelo?

- ¿Cuáles son las concentraciones de CO, H_2S, NO_2 y SO_2 en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo y cómo se comparan con los límites establecidos por el INCA?

- ¿Qué relación existe entre la temperatura ambiental y la concentración de gases contaminantes (CO, H_2S, NO_2 y SO_2) en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo?

1.3. Justificación

Sarmiento en su trabajo de investigación sobre el manejo de residuos sólidos plantea que los problemas relativos a la contaminación y deterioro del medio ambiente por la inadecuada disposición final de los residuos, ha hecho necesario el desarrollo de estudios de impacto ambiental por la contaminación por residuos sólidos para luego proponer acciones (Chucos, 2020).

Según García et al. (2018), los botaderos municipales son fuentes significativas de contaminación que pueden afectar la calidad del suelo y del aire. Estos autores destacan que las sustancias tóxicas presentes en los residuos sólidos pueden filtrarse en el suelo, afectando no solo la flora y fauna local, sino también la salud humana a través de la cadena alimentaria. La identificación y análisis de estas sustancias en el botadero de Coronel Portillo es crucial para entender su impacto ambiental y desarrollar estrategias de mitigación.

Martínez y López (2020) señalan que la exposición a sustancias tóxicas en el medio ambiente puede provocar efectos adversos en la salud pública, incluyendo enfermedades respiratorias, trastornos neurológicos y cáncer. Su estudio enfatiza la necesidad de monitorear y evaluar los contaminantes en áreas cercanas a botaderos, especialmente en comunidades vulnerables.

La presente investigación permitirá visibilizar la problemática ambiental del botadero municipal de la provincia de Coronel Portillo, en el departamento de Ucayali, mediante la identificación de las características físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias tóxicas presentes. Muchas de estas sustancias pueden pasar desapercibidas, pero tienen el potencial de afectar directamente a la población aledaña. Este análisis contribuirá a la formulación de planes de mitigación ambiental orientados a reducir los riesgos para la salud y el ecosistema.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Identificar las características físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias tóxicas en el botadero Municipal de Coronel Portillo que se extienden al medio ambiente por suelo y aire.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias tóxicas presentes en el suelo del botadero municipal de Coronel Portillo.

- Analizar las concentraciones de CO, H_2S, NO_2 y SO_2 en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo y compararlas con el Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA).

- Determinar la relación entre la temperatura ambiental y las concentraciones de los gases contaminantes (CO, H_2S, NO_2 y SO_2) en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

- Las sustancias tóxicas presentes en el botadero municipal de Coronel Portillo alteran significativamente las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo y del aire.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Las sustancias tóxicas presentes en el botadero municipal de Coronel Portillo alteran significativamente las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

- Los valores de concentración de gases tóxicos, en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo superan los límites establecidos por el Índice de Calidad del Aire (INCA).

- La temperatura tiene un efecto significativo en las concentraciones de gases tóxicos, en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Chucos (2020) en su investigación sobre residuos sólidos emplea una metodología que consiste en la creación de índices ambientales para evaluar cuantitativamente la interacción entre el medio ambiente y los vertederos, utilizando una expresión matemática. Esto permite obtener información sobre los posibles problemas ambientales que generan los residuos sólidos y su impacto específico en diversos elementos del entorno. También proporciona datos sobre la generación y almacenamiento de estos residuos. Los resultados revelaron deficiencias en el sistema de gestión de residuos sólidos en los vertederos, destacando que las infraestructuras carecen de la capacidad adecuada, lo que convierte a los vertederos en una opción de disposición final altamente perjudicial para el medio ambiente, causando impactos negativos en el suelo, aire y agua.

Bau et. al. (2017) en su artículo se propusieron evaluar los efectos ambientales generados por el vertedero Katenguenha, ubicado en la localidad de Angola, Cuba. Para ello, emplearon un método basado en un análisis multicriterio, específicamente el de criterios relevantes integrados. Este enfoque parte de la premisa de que un impacto ambiental puede ser estimado mediante la discusión y el análisis de criterios con una valoración ambiental, seleccionados en función de las actividades realizadas. En la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se utilizaron indicadores como la intensidad, extensión, duración, reversibilidad y riesgo. Los resultados indicaron que el vertedero de residuos sólidos en Katenguenha tiene un impacto negativo en los medios físico, biológico y social, con la mayoría de los impactos clasificados en la Categoría 2 (alta) y un valor de impacto ambiental superior a 6.

Gavilanez Álvarez (2017) en su artículo se planteó como objetivo principal desarrollar un plan de gestión de residuos para el vertedero del cantón Guamote, ubicado en la provincia de Chimborazo, Ecuador. En primer lugar, se llevó a cabo un levantamiento de la línea base para recopilar información sobre la situación actual, además se realizaron encuestas a la población del cantón para determinar si se estaba llevando a cabo un manejo adecuado de los residuos sólidos. La principal conclusión a la que se llegó tras aplicar esta metodología fue que el impacto del vertedero en el área de estudio es significativamente negativo. Finalmente, se definieron planes ambientales con el fin de mitigar los impactos ambientales generados por el vertedero.

Maurad (2019) en su investigación se propuso identificar los principales impactos ambientales y sociales derivados del manejo inadecuado de los desechos sólidos en el vertedero municipal del cantón Arenillas, Ecuador. El estudio se apoyó en un enfoque deductivo para generar la información necesaria. Se concluyó que el manejo incorrecto durante la fase de disposición final de los desechos produce impactos tanto sociales como ambientales. Como resultado, se sugiere un plan de acción enfocado en establecer actividades, así como estrategias logísticas y operativas, para corregir y mitigar los impactos detectados.

Chung, Park, y Lee, (2016) llevaron a cabo un estudio en Corea del Sur donde se investigó la acumulación de metales pesados en suelos adyacentes a botaderos municipales. Sus resultados mostraron niveles significativamente elevados de plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) y mercurio (Hg), que excedían los límites de calidad ambiental establecidos por organismos internacionales. Estos metales alteraron la textura, el pH, la capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica del suelo, además de generar impactos en el microbiota nativo.

Sakai, Yamaguchi, y Susuki (2020), realizaron una evaluación microbiológica en suelos contaminados por residuos sólidos urbanos en Japón. La investigación encontró una proliferación inusual de bacterias coliformes

totales y fecales, incluyendo cepas resistentes a antibióticos, lo que reflejó un alto riesgo sanitario. Además, se observaron cambios en la composición biológica del suelo, como una disminución en la biodiversidad microbiana beneficiosa. Esta situación es comparable con la problemática del botadero de Coronel Portillo, donde se investiga la presencia de coliformes como indicador de contaminación microbiológica del suelo.

En el ámbito de la contaminación atmosférica, Fatta et al (2011) llevaron a cabo un estudio en países del sur de Europa (Chipre, Grecia, Italia y España), en el que se monitorearon emisiones gaseosas provenientes de vertederos. Se detectaron altos niveles de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), ácido sulfhídrico (H_2S) y dióxido de azufre (SO_2), sobre todo durante los meses de verano, cuando la temperatura ambiente era más elevada. Los investigadores concluyeron que la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos, junto con las altas temperaturas, intensifica la liberación de gases tóxicos al aire. Este antecedente refuerza el objetivo del presente estudio de analizar cómo varían las concentraciones de gases contaminantes en función de la temperatura ambiental.

Abdul y Al (2017) realizaron una investigación en Omán para evaluar el impacto de los botaderos sobre la calidad del aire. El estudio identificó que los valores de gases como CO, SO_2 y NO_2 superaban los umbrales de seguridad establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), afectando directamente a las poblaciones cercanas. Los investigadores también destacaron que la falta de sistemas de control y monitoreo contribuye a una mayor exposición a estos contaminantes. Este caso tiene alta similitud con la situación del botadero de Coronel Portillo, donde se requiere evaluar si las concentraciones gaseosas sobrepasan los límites del Índice de Calidad del Aire (INCA).

Aluko et al. (2012) realizaron un estudio integral en Nigeria que abordó la contaminación del suelo y del aire en zonas cercanas a vertederos sin control técnico. Los autores encontraron niveles preocupantes de contaminantes tanto en el suelo (metales pesados y patógenos) como en el aire (gases tóxicos), y

observaron una correlación positiva entre la temperatura ambiental y la emisión de gases. El estudio concluyó que el aumento de la temperatura puede intensificar la volatilización de compuestos tóxicos. Este hallazgo es relevante para el presente estudio, ya que se plantea analizar la relación entre la temperatura y la concentración de gases tóxicos en el botadero municipal de Coronel Portillo.

La contaminación de suelos y aire asociada a botaderos y rellenos sanitarios ha sido ampliamente documentada a nivel internacional. Zhou et al. (2022) evaluaron la contaminación por metales pesados en parques urbanos, zonas aledañas a rellenos sanitarios y áreas industriales en Guangzhou, China, encontrando que elementos como plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn) superaban los límites de seguridad establecidos, afectando significativamente las propiedades físico-químicas del suelo y generando riesgos para la salud humana.

En Ghana, Obiri et al. (2021) realizaron una evaluación ambiental en un botadero activo ubicado en la región de Ashanti, con el objetivo de determinar el grado de contaminación por metales pesados en los suelos circundantes. A través de un muestreo sistemático de suelos en diferentes distancias y profundidades, detectaron concentraciones críticas de plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn), superando en varios casos los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de Ghana. El análisis de riesgo ecológico indicó un nivel “muy alto” de peligro debido a la persistencia y toxicidad de estos elementos, mientras que la evaluación de riesgo para la salud humana mostró un riesgo crónico potencial por ingestión directa o indirecta, principalmente a través del ingreso de metales a la cadena alimentaria por cultivos y ganado en la zona.

En China, Jiang et al. (2021) evaluaron las emisiones de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en un vertedero de la ciudad de Shenzhen mediante cámaras estáticas y el modelo de dispersión CALPUFF. El estudio determinó concentraciones de hasta 60 µg/m³ en áreas cercanas al perímetro del botadero, superando el umbral olfativo y confirmando que factores como la

dirección y velocidad del viento influyen significativamente en la propagación del gas hacia zonas pobladas.

Asimismo, Catena et al. (2022) realizaron mediciones de H_2S en el vertedero Fresh Kills de Nueva York, registrando concentraciones de hasta 7 ppb, principalmente en las proximidades de las plantas de tratamiento de lixiviados. Los hallazgos señalaron que gran parte de las emisiones provenían de los sistemas de recolección de lixiviados, resaltando la importancia de la ubicación estratégica de estos sistemas y del monitoreo continuo para reducir la exposición de la población cercana.

Akinbile y Daso (2019) evaluaron las emisiones de aire y olor en una instalación integral de gestión de residuos utilizando el modelo ISC-AERMO, para estimar las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO_2). Los resultados mostraron concentraciones diarias estimadas entre 1.25–7.34 µg/m³ para CO, 0.50–2.60 µg/m³ para NO_x y 1.25–7.31 µg/m³ para SO_2, valores que, si bien se mantenían dentro de límites aceptables, evidenciaron la necesidad de contar con un monitoreo y control permanente para prevenir riesgos a la salud pública y el ambiente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Ticona y Apaza (2020) en Puno realizaron visitas de campo y análisis de laboratorio para evaluar las propiedades fisicoquímicas de los factores ambientales. Posteriormente, compararon estos resultados con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana y la OMS, comprobando que no se cumple con la normativa vigente. Determinaron que la disposición de residuos sólidos genera contaminación hidrobiológica debido a los lixiviados, contaminación del suelo por la descarga y acumulación de residuos, lo que impacta negativamente en la flora y fauna. Además, la incineración de residuos provoca contaminación atmosférica y un impacto en la salud pública por la transmisión de enfermedades. Los resultados mostraron que el efecto ambiental negativo más significativo en el botadero de Puno es causado por los lixiviados.

Rojas (2019) en su tesis se propuso determinar los impactos en el área de influencia del botadero de la ciudad de Guadalupe. Los resultados mostraron que existen impactos negativos significativos sobre la calidad ambiental de la zona. Se encontró que la generación per cápita de residuos sólidos municipales es de 0,60 kg/habitante/día, con una generación estimada de 24,13 toneladas diarias. La calidad del aire también se vio afectada, ya que la concentración de material sólido sedimentable excede los límites máximos permisibles. Además, las enfermedades más comunes en la población incluyen dolores de garganta, tos y fiebre. Un número considerable de familias se dedica a la segregación de residuos sólidos. La conclusión fue que el botadero genera impactos significativos en el medio ambiente, por lo que se recomienda su transformación en un relleno sanitario que cumpla con los requisitos necesarios para su diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Tarrillo y Tenorio (2019) evaluaron los impactos ambientales del botadero en la ciudad de Ferreñafe utilizando una lista de chequeo y la matriz de Leopold como herramientas de análisis. En sus resultados, primero identificaron las actividades del botadero, tales como el depósito de residuos, reciclaje, quema de residuos, y los factores ambientales involucrados, como la presencia de olores, animales y vectores, y lixiviados. Estos factores afectan a los componentes ambientales bióticos, impactando la flora y reduciendo la cobertura vegetal; abióticos, alterando el uso del suelo y la calidad del aire y del suelo; y al medio social, donde se ve afectada la estética del lugar. Según la matriz de Leopold, los impactos más significativos incluyen la afectación del aire debido a la descomposición de la materia orgánica y la degradación de la calidad del suelo por los lixiviados. También se identificaron impactos altos, como la afectación de la cobertura vegetal debido a la quema de residuos. Finalmente, se recomendó que las autoridades tomen medidas para abordar y resolver los problemas ambientales de la zona.

Jihuallanca (2020) en su investigación se propuso determinar el impacto ambiental causado por el botadero controlado de residuos sólidos en el distrito de Sicuani, Canchis - Cusco. Para identificar y evaluar los impactos ambientales, utilizó la matriz de Leopold, la cual le permitió identificar las

acciones y componentes ambientales potencialmente afectados, basándose en su magnitud e importancia. Tomando como referencia la Ley General del Ambiente N°28611 y la Ley General de Residuos Sólidos N°27314, propuso medidas de prevención y mitigación de impactos. Los resultados indicaron un impacto negativo en el medio físico, con valores de -54 para la alteración de la calidad del suelo, -64 para la alteración de la calidad del agua subterránea, -74 para la alteración de la calidad del agua, -78 para la emisión de gases y -82 para la calidad del aire. En el medio biológico, la flora se vio afectada, reflejándose en un valor de -18 en los productos agrícolas. En el ámbito social, el impacto en la calidad visual, a nivel estético, obtuvo un valor de -16. Sin embargo, se identificó un impacto positivo en la generación de empleo. La conclusión fue que todos los impactos negativos generados por el botadero son manejables y pueden ser mitigados.

Mego et. al (2016) llevaron a cabo una investigación durante las temporadas de avenida y estiaje, estableciendo estaciones de muestreo en ubicaciones estratégicas. Para evaluar el impacto en la calidad del agua de la quebrada "El Atajo", el estudio se dividió en tres fases: una fase preliminar de revisión bibliográfica, una fase de campo y una fase de laboratorio. En el sitio, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de los factores ambientales, como el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica. En el laboratorio, se analizaron parámetros adicionales, incluyendo sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, nitrógeno amoniacal y dureza total.

López y Nazario (2018) en su artículo se enfocaron en determinar los impactos ambientales generados por el botadero a cielo abierto en el caserío Rambran, que recibe los residuos sólidos de la Ciudad de Chota. Los resultados revelaron que los malos olores provenientes del botadero están asociados con la aparición de enfermedades respiratorias en la población. Además, el botadero se considera un foco de moscas, ratas, mosquitos y otros vectores, lo que afecta negativamente la calidad de vida de los habitantes de la zona. Los impactos identificados fueron clasificados como significativamente negativos y muy negativos, afectando a diversos factores ambientales como el suelo, el aire, el

agua, la flora, la fauna y el paisaje. Los autores concluyen que algunos de estos impactos negativos significativos podrían ser reversibles si se mejoran las prácticas de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

2.1.3. Antecedentes Locales

Moreno (2024) en su tesis titulado: "*Impacto De La Gestión De Residuos Sólidos En La Preservación Ambiental Del Botadero En El Km 22 De Pucallpa Durante El Periodo 2024"*, concluyó que:

El efecto de la gestión de residuos sólidos en el cuidado ambiental del botadero ubicado en el Km. 22 de Pucallpa. Se utilizó una metodología de tipo básica, con un diseño descriptivo correlacional de corte transversal. La muestra incluyó a 100 trabajadores de la municipalidad encargados de la gestión de residuos sólidos, y se emplearon cuestionarios y encuestas para la recolección de datos. El objetivo fue evaluar el impacto de la gestión de residuos sólidos en la preservación ambiental del botadero durante el periodo 2024. Los resultados mostraron que el 61.7% de los trabajadores consideraron que el impacto de la gestión de residuos sólidos fue regular-medio. Además, se encontró un coeficiente de correlación positivo alto (0.700) con un valor de significancia bilateral de 0.000, lo que permitió aceptar la hipótesis general. En conclusión, existe un impacto favorable de la gestión de residuos sólidos en la preservación ambiental del botadero en el Km. 22 de Pucallpa durante el periodo 2024.

Silva Díaz (2017), en su tesis estimó la producción de metano en el botadero municipal de Pucallpa. Determinó que la descomposición de residuos genera altos niveles de metano (~34 % en ciertos montículos) con un pico mayor en horas de la mañana. El estudio vinculó esta emisión con una alta incidencia de problemas respiratorios y síntomas como dolores de cabeza y estómago en pobladores cercanos (Silva Díaz, 2017). Estos hallazgos evidencian cómo los gases emitidos pueden representar un riesgo sanitario para la población expuesta.

2.2. Bases Teóricas

En la tesis elaborado por Palma sobre: “Efecto De La Aplicación De Microorganismos Eficaces (Em) En Suelos Contaminados Por Lixiviados En El Botadero Municipal De Pucallpa, Departamento De UCAYALI”, en cuanto a las propiedades químicas evaluados en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa tuvieron el siguiente comportamiento: la CIC tuvo un valor mínimo de 15.733 en el día 0, el porcentaje de N inició en 0.083%. Como resultado del primer análisis, sin embargo, a los 60 días este tuvo un descenso hasta 0.77%, las concentraciones de P tuvieron un valor máximo de 2.267 mg/l en el día 0 y un valor mínimo de 1.467 mg/l en el día 30, el porcentaje de MO inició en 0.367% sin embargo a los 60 días este se redujo hasta 0.117%, el pH tuvo un valor mínimo de 3.943 en el día 0 y un valor máximo de 5.037 en el día 60. Los niveles de metales pesados evaluados en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa tuvieron el siguiente comportamiento: el Pb tuvo un indicador máximo de 24.863 mg/l en el día 0 y mínimo de 20.66 mg/l en el día 60, el Cd tuvo un indicador máximo de 1.443 mg/l en el día 30 y mínimo de 0.793 mg/l en el día 60 (Palma, 2021).

2.2.1. Análisis Medioambiental

El análisis de los riesgos ambientales, punto de partida de cualquier estrategia de prevención de la contaminación del medio ambiente en una empresa, describe el estado de la situación en relación a los aspectos e impactos medioambientales vinculados con sus actividades (Análisis ambiental, 2021).

El Medio Ambiente tiene que tomarse en cuenta como un factor más en el desarrollo de un proyecto. En el caso de diseño de productos, un producto que no considere el factor medioambiental no se puede considerar un producto de calidad. El análisis ambiental ayuda a conocer las consecuencias ambientales del proyecto en sus primeras etapas, para así poder tomar medidas que eliminen, minimicen o compensen los impactos adversos (Ecolan, 2019).

El Análisis Medioambiental pretende identificar y evaluar todos los aspectos en el municipio y la gestión que realiza la Entidad Local en temas relacionados con el medio ambiente, así como las competencias que tiene sobre él (Vicepresidencia de España, 2022).

2.2.2. Análisis de Sostenibilidad

La sostenibilidad es satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades del futuro o para atender sus propias necesidades. Un nivel de sostenibilidad es necesario para enfrentarse a los retos globales en un mundo de incertidumbre, complejidad y volatilidad. La sostenibilidad debe ser un elemento fundamental en la estrategia de una empresa que busque crecimiento. Responsabilidad y creación de valor, la creación de modelos de desarrollo sostenible es una de las formas principales en que estas pueden obtener mejores beneficios (Beriguete De Leon, 2012).

El Desarrollo Sostenible propone tres pilares fundamentales; lo económico, lo social y lo ambiental, al unir los tres pilares emergen los términos sostenibilidad, lo equitativo, lo soportable y lo viable. Estos elementos, serán materia de análisis y de profundización (Castaño Martinez, 2013).

Para llevar a cabo la evaluación, es crucial considerar tres dimensiones: ambiental, social y económica. Si se logra cumplir con cada una de estas dimensiones, el proyecto estaría haciendo una contribución efectiva a la sostenibilidad (Contreras, 2008).

Un "proyecto sostenible" se define como una iniciativa que busca alcanzar la prosperidad económica, la protección del medio ambiente y la equidad social. En este contexto, la evaluación de un proyecto sostenible se lleva a cabo para identificar, analizar y monitorear los posibles impactos del proyecto sobre terceros, los recursos naturales y el entorno (tanto externalidades positivas como negativas). El objetivo es asegurar que los

proyectos sean sostenibles desde las perspectivas económica, social y ambiental. (Álvarez C & Suaréz, 2016)

La evaluación tiene como objetivo principal prevenir, minimizar, reducir o controlar los impactos ambientales negativos que puedan surgir de una propuesta, según el experto. Estas evaluaciones son útiles para diseñar alternativas, planificar nuevas actividades, implementar medidas de protección y tomar otras acciones necesarias. Para llevar a cabo la evaluación de este tipo de proyectos, es fundamental considerar tres dimensiones relacionadas con la gestión de impactos: ambiental, social y económica (Gómez, 2002).

Desde una perspectiva ambiental, la evaluación examina la "contribución del proyecto a la conservación o mejora de los ecosistemas involucrados". En el ámbito social, el análisis se enfoca en la atención a los grupos humanos más vulnerables, brindando "oportunidades humanas" como empleo digno, acceso a salud, vivienda y educación, según el especialista (Reátegui, 2018).

Al incluir la evaluación ambiental, no solo se considera el beneficio privado del proyecto, sino también si sus acciones contribuirán al desarrollo de la población y a la protección del medio ambiente. De esta manera, se busca maximizar el beneficio para todo el ecosistema (Roca, 2018).

2.2.3. Parámetros Ambientales

Los parámetros ambientales permiten conocer las condiciones del agua, aire, suelo y de los ecosistemas. Estos valores pueden ser resumidos en indicadores que permitan alcanzar un mejor entendimiento del estado del ambiente (Diaz, 2016).

Un indicador ambiental es una medida que puede ser de origen físico, químico, biológico, social o económico, que permite evaluar toda aquella información ambiental disponible, con el fin de reflejar las condiciones en las que se encuentra el medio ambiente o un factor ambiental particular, en un

tiempo y en un lugar determinado. Pueden ser cuantitativos o cualitativos dependiendo de cómo son medido y apreciado. Los indicadores ambientales cuantitativos se basan en parámetros con los que dar información sobre un fenómeno. En cambio, los indicadores ambientales cualitativos se centran más en las observaciones y percepciones (Ropero, 2020).

2.2.4. Características de los Indicadores Ambientales

Los indicadores ambientales deben tener ciertas características y cumplirlas, ya que son un instrumento que influye en la evaluación para tomar desde decisiones políticas sobre el medio ambiente, hasta en el manejo de una empresa para llegar a ser lo más sostenible posible (Ropero, 2020).
Entre las características de los indicadores ambientales están:

- Deben evaluar datos de calidad y fiables.
- Ser fáciles de manejar y comprender.
- Que puedan predecir si habrá alguna evolución negativa.
- Su coste debe estar equilibrado con su efectividad.
- Ser sensibles a los cambios.
- Ser específicos con el objetivo de que no se den diferentes interpretaciones.

2.2.5. Tipos de Indicadores Ambientales

Los indicadores ambientales, en función de los datos que están disponibles, se pueden clasificar en distintos tipos (Ropero, 2020).

Estos son los tres tipos de indicadores ambientales que hay:

a) **Tipo I:** para este tipo de indicadores los datos están siempre disponibles ya que son obtenidos gracias a un monitoreo permanente.

b) **Tipo II:** se basan en cálculos de datos que provienen del monitoreo permanente, pero necesitan datos adicionales ya que los datos pueden estar total o parcialmente disponibles.

c) **Tipo lll:** no tienen ninguna base matemática ni están basados en datos que estén disponibles. Son indicadores conceptuales.

Estos son algunos ejemplos de los indicadores ambientales:

- Índice de bienestar económico sostenible (IBES).
- Índice de desarrollo humano (IDH).
- Índice de sostenibilidad ambiental (ISA)
- Índice de desempeño ambiental (EPI).
- Índice global de economía verde (GGEI).
- Huella ecológica (HE).
- Índice de planeta vivo (LPI).
- Huella de carbono.
- Huella hídrica.

2.2.6. Manejo de Residuos Solidos

El manejo de residuos se refiere al control, ya sea de recolección, transporte tratamiento, reciclado o eliminación de los materiales producidos por la actividad humana y así reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente (Denisse, 2019).

La elevada generación de residuos sólidos, comúnmente conocidos como basura y su manejo inadecuado son uno de los grandes problemas ambientales y de salud, los cuales se han acentuado en los últimos años debido al aumento de la población y a los patrones de producción y consumo. La basura no solo genera una desagradable imagen en los campos y las ciudades, sino que contamina el suelo, el agua, el aire y para su confinamiento ocupa grandes espacios por lo que se ha convertido en un problema social y de salud pública (Universidad Pontificia Bolivariana, 2018).

Los residuos sólidos son todas aquellas sustancias o productos en estado sólido que ya no necesitas, pero que pueden ser reaprovechados (Sociedad Peruana de derecho Ambiental –SPDA, 2009).

2.2.7. ¿Qué son los Botaderos de Desechos?

Los “botaderos” de desechos son sitios donde se depositan residuos sólidos sin ningún tipo de regulación. Aunque se encuentran en muchas partes del mundo, la mayoría de los países los consideran ilegales debido a los numerosos problemas ambientales y de salud que provocan (Innova Ambiental, 2020).

El problema radica en que los desechos no se someten a un procesamiento ni a una separación adecuada por categorías de materiales, lo que resulta en elevados niveles de contaminación y en una rápida proliferación de plagas animales (Innova Ambiental, 2020)

Se caracterizan por ser amplias áreas abiertas que contribuyen al deterioro del paisaje. La planificación urbana ha señalado que, además de la contaminación, estos lugares generan una serie de efectos negativos, como el deterioro del suelo y del agua debido a los lixiviados, entre otros (Innova Ambiental, 2020)

Una vez que se ha establecido un botadero, resulta muy difícil eliminarlo. La descontaminación implica procesos costosos que son poco conocidos en Latinoamérica (Innova Ambiental, 2020).

2.2.7.1. Peligro de los Botaderos

Los botaderos de desechos representan un gran peligro, tanto para el medio ambiente como para las poblaciones cercanas. Estos sitios generan contaminantes que afectan negativamente la atmósfera, el suelo, los cuerpos de agua y la vegetación, además de reducir la fauna. Los botaderos fomentan la proliferación de animales que pueden transportar bacterias y virus peligrosos para las comunidades vecinas. Estudios estadísticos han demostrado que las áreas cercanas a botaderos ilegales de desechos sólidos son las más propensas a brotes de enfermedades. Además, algunas empresas industriales depositan sus desechos en estos botaderos, añadiendo factores químicos altamente peligrosos que pueden agravar la contaminación (Innova Ambiental, 2020).

2.2.7.2. Situación Actual de los Botaderos en el Perú

Actualmente, la disposición final de los desechos sólidos en Perú enfrenta críticas significativas debido a la falta de rellenos sanitarios y plantas de procesamiento de basura. La situación evidencia la necesidad urgente de abordar el problema de los residuos con mayor eficiencia. En Lima, la capital, se han identificado 184 puntos que funcionan como botaderos de basura al aire libre. Sin embargo, los problemas de almacenamiento de desechos también afectan a todos los distritos de la ciudad. Según estudios recientes, el 42% de los distritos presenta al menos un punto crítico. En localidades como Villa María

del Triunfo, Villa El Salvador, Chorrillos, San Martín de Porres, Puente Piedra, Carabayllo y La Victoria, el Ministerio de Salud ha declarado alertas sanitarias debido a que estos puntos críticos están generando problemas de salud para los residentes (Innova Ambiental, 2020).

2.2.8. Situación de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales

La disposición final de residuos municipales, última etapa de la gestión de residuos, no fue percibida inicialmente por los funcionarios encargados de los servicios de limpieza pública como una actividad importante, cuyo manejo inadecuado genera problemas ambientales que ponen en riesgo la salud de la población. Esto se debe a que antiguamente la generación de olores o agentes contaminantes y su impacto en el ambiente se atenuaba mediante la disposición final “lejos” de las zonas habitadas o los residuos se arrojaban a los cursos de agua. Otro elemento que reforzaba esta actitud era el tamaño de las ciudades y la poca producción de residuos, compuestos principalmente por desechos orgánicos y en menor medida por inorgánicos. Estas características afianzaban la idea de la reincorporación de los residuos a la naturaleza con impactos negativos mínimos sobre el ambiente (DIGESA, 2004).

El manejo inadecuado de los residuos, especialmente la disposición final deficiente, conlleva a riesgos ambientales que se convierten en riesgos a la salud de corto y largo plazo. Pueden tener las siguientes causas:

- Alteración de la calidad del suelo debido a su contaminación con agentes patógenos procedentes de laboratorios clínicos, hospitales, centros de salud y clínicas particulares, que pueden sobrevivir o reproducirse en suelos ricos en materia orgánica.

- Transmisión de diferentes tipos de zoonosis por artrópodos y roedores que viven en los botaderos.

- Contaminación del suelo por excretas de roedores, perros, cerdos y aves.

- Transmisión de organismos patógenos de animales infectados al hombre, por contacto con el suelo, alimentos, agua y por la crianza de animales alimentados con residuos orgánicos contaminados.

- Contaminación del suelo con sustancias químicas o subproductos tóxicos de la materia orgánica que no puede ser absorbida por el medio debido a la cantidad exagerada y concentrada de sustancia orgánica.

- Contaminación del suelo por el vertido inadecuado de residuos especiales (químicos y biocontaminados) y peligrosos (metales pesados y otro tipo de residuos de la industria formal e informal).

- Aumento de vectores de enfermedades, tales como moscas, cucarachas, zancudos y mosquitos, tanto en las zonas aledañas al botadero como en el mismo.

- Producción de olores desagradables y ruidos.

- Contaminación del agua subterránea por percolación de lixiviados.

- Obstrucción de los drenajes abiertos de aguas superficiales.

- Contaminación directa de los cuerpos de agua y modificación de los sistemas naturales de drenaje por el vertido incontrolado de residuos en ellos.

- Contaminación atmosférica por acción de los gases que se producen en la quema de los residuos de los botaderos.

- Riesgos a la salud de los segregadores y trabajadores.

- Proliferación de aves y riesgos de accidentes de aviación en zonas aledañas a aeropuertos.

Donde existen enfermedades endémicas como el dengue (en el norte y en la selva), una de las medidas paliativas ha sido el retiro de los residuos acumulados en la ciudad. Con ello se ha querido evitar que los residuos contribuyan a la propagación de las enfermedades, pero realmente lo que se ha hecho es concentrar el problema en una zona más alejada porque se han arrojado los residuos en botaderos, ya que no existen rellenos sanitarios en esas zonas (DIGESA, 2004).

2.2.9. Residuos Sólidos en la Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali

La deficiente gestión de residuos sólidos municipales impacta negativamente en el ambiente y en la salud de la población. Las ciudades urbanas disminuyen su capacidad de acogida cuando el entorno se vuelve insalubre por la basura eliminada al aire libre, ya que tal condición da origen a la proliferación de insectos y roedores, así como también a malos olores derivados del proceso de descomposición; ello sin mencionar el deterioro del paisaje, el cual ejerce una influencia negativa directa en la salud mental por la sensación de malestar e inseguridad (Aranibar, 2021).

La municipalidad, como gobierno local, debe asegurar el servicio de limpieza pública, consistente en la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos, y el servicio de barrido de vías y espacios públicos. Por lo tanto, la entidad, requiere de un instrumento de gestión que permita direccionar y plantear acciones para desarrollar una adecuada gestión y manejo; este instrumento de gestión, es denominado Plan Distrital de Manejo de Residuos Sólidos Municipales (PDMRS) y que deben guardar concordancia con el Plan de Manejo de la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, y los planes sobre la materia de nivel nacional (MINAM, 2019).

2.2.10. Disposición Final de los Residuos Sólidos en la Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali

El botadero tiene un área de 34 Has 9,327 m^2, de propiedad de la Municipalidad Provincial Coronel Portillo, ubicado aproximadamente a la altura de Km 21.667 de la carreta Federico Basadre en el mismo trabajan recicladores informales, no cuenta con un plan de manejo de botero y se observa el impacto negativo a la salud y al ambiente. Margen izquierdo interior 2,040 Km, jurisdicción del distrito de Campo Verde. Existe una ordenanza municipal N° 008-2009-PCP, del 29 de abril del 2009 declarando la Zona Intangible.

2.2.11. Índice de Calidad Ambiental (INCA)

El INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire, la cuarta banda nos indica que la calidad de aire es mayor al umbral del estado de cuidado (VUEC) a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud (MINAM 2016).

Tabla 1.

Clasificación de valores INCA

Calificación	Valores INCA	Colores
Bueno	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

Fuente: MINAM (2016)

En la Tabla 1 se señalan la clasificación y los cálculos para el INCA de los contaminantes referentes a este estudio.

2.2.12. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Los Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2019).

EXPERIENCIA RED DE MÓDULOS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE La Municipalidad Metropolitana de Lima realiza la vigilancia del estado de la calidad del aire, a través de una red de módulos de monitoreo, basada en el método alternativo de medición mediante sensores de bajo costo, en el marco del convenio de colaboración entre la Municipalidad y la empresa Grupo Qaira S.A.C. Actualmente la red cuenta con cinco (5) módulos de monitoreo ubicadas dentro de la jurisdicción de Cercado de Lima y alrededores, las cuales reportan datos, en tiempo real, de material particulado grueso (PM10), material particulado fino (PM2.5), gases atmosféricos como monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H2S), dióxido de nitrógeno (NO2), ozono (O3), dióxido de azufre (SO2) y variables meteorológicas como temperatura, radicación UV, presión y humedad. Las características de la red de módulos de monitoreo de calidad del aire y la ubicación de los módulos se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2.

Características de monitoreo

Parámetros de medición de los módulos	Precisión	Rango
Material Particulado		
Material particulado grueso (PM_{10})	0.01 µg/m^3	0-300 µg/m^3
Material particulado fino ($PM_{2.5}$)	0.01 µg/m^3	0-300 µg/m^3
Gases		
Monóxido de Carbono (CO)	1 – 15 ppb	0 – 13 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 – 15 ppb	0 – 0.2 ppm
Dióxido de Azufre (SO_2)	1 – 10 ppb	0 – 0.5 ppm
Ozono (O_3)	1 – 15 ppb	0 – 0.5 ppm
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	1 – 15 ppb	0 – 3 ppm
Variabes Meteorológicas		
Presión atmósferica	1 kPa	50-110 kPa
Temperatura	0.1 °C	0° - 50 °C
Humedad relativa	0.1 %	0-100%
Radiación UV	1 índice	0 – 15 ínidice
Ruido	5dB	30-120 dB

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Biodegradabilidad**: Es un concepto crítico en la gestión de residuos, ya que determina la capacidad de los materiales para descomponerse de forma natural. Según Reddy et al. (2018), comprender la biodegradabilidad de los residuos ayuda a evaluar su impacto ambiental y a diseñar estrategias de gestión más sostenibles.

- **Botadero Municipal:** Son puntos de disposición final de residuos que, sin un tratamiento adecuado, pueden generar contaminación ambiental. García et al. (2018) destacan que estos sitios, si no son gestionados correctamente, pueden ser fuentes significativas de contaminación del suelo y agua.

- **Coliformes Totales:** Son utilizados como indicadores de la calidad sanitaria del agua y el suelo. Según APHA (2017), la presencia de estas bacterias

indica contaminación fecal, lo que puede tener implicaciones graves para la salud pública.

- **Contaminación Ambiental:** Es la presencia de sustancias perjudiciales en el entorno. Martínez y López (2020) afirman que esta contaminación puede afectar tanto la salud humana como los ecosistemas, lo que subraya la necesidad de monitorear y controlar los contaminantes.

- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV):** Son sustancias químicas que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente y pueden afectar la calidad del aire interior. Según EPA (2020), estos compuestos son responsables de problemas de salud como irritación respiratoria y efectos neurológicos.

- **Contaminación por Metales Pesados:** Los metales pesados como el plomo y el mercurio son contaminantes persistentes que pueden acumularse en el medio ambiente. Según Alloway (2013), su presencia en el suelo y agua puede tener efectos tóxicos en la salud humana y la vida silvestre.

- **Eutrofización:** Es el proceso de enriquecimiento excesivo de nutrientes en cuerpos de agua, lo que provoca proliferación de algas. Según Carpenter et al. (1998), este fenómeno puede llevar a la disminución de oxígeno y muerte de organismos acuáticos.

- **Gases Tóxicos:** Los gases tóxicos, como el monóxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno, son compuestos que pueden deteriorar la calidad del aire. Según World Health Organization (2018), la exposición a estos gases puede tener efectos adversos en la salud, incluyendo enfermedades respiratorias.

- **Microplásticos:** Son partículas de plástico de menos de 5 mm que contaminan los ríos y ecosistemas terrestres. Según Browne et al. (2011), su impacto en la fauna y la cadena alimentaria es motivo de creciente preocupación.

- **Plásticos Biodegradables:** Son una alternativa a los plásticos convencionales, diseñados para descomponerse más rápidamente en el medio ambiente. Según Thompson et al. (2009), su uso puede reducir la acumulación de residuos plásticos en vertederos y ríos.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

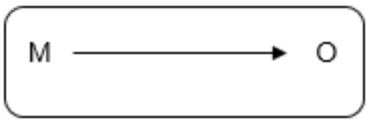
La presente investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque descriptivo, no experimental (Hernández et al. 2010), de alcance correlacional, desarrollada tanto en laboratorio como en campo (Mejía, 2005).

3.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de estudio fue Descriptivo, porque los investigadores no intervienen manipulando el fenómeno, solo observan, describen y miden las variables en estudio para realizar la comparación entre ambas.

3.1.3. Diseño de la Investigación

Se empleó un diseño descriptivo simple, orientado a la recolección y análisis de datos sin manipulación de las variables, la gráfica es la siguiente:



Según la gráfica:

M: muestra (24 muestras de suelo y gases CO, H_2S, NO_2 y SO_2)

O: observación (propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo y concentración de gases tóxicos).

3.2. Población, muestra y lugar del estudio

3.2.1. Población

La presente investigación se considera la población al conjunto 34 hectáreas terreno destinado para el botadero municipal, lugar destinado a la disposición final de residuos sólidos municipales del Departamento de Ucayali.

3.2.2. Muestra

La muestra considerada para suelo fue de 10 hectáreas totalmente repletas de residuos sólidos y entre otros, de las cuales se recolectaron 24 muestras o calicatas de manera zigzag.

Las muestras de aire se tomaron durante 24 horas consecutivas en cada uno de los dos puntos estratégicos del Botadero municipal de la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, en el Departamento de Ucayali.

3.2.3. Lugar del Estudio

El lugar de estudio comprende el botadero municipal que tiene un área de 34 Has, de las cuales 9,327 m^2 es de propiedad de la Municipalidad Provincial Coronel Portillo, ubicado aproximadamente a la altura del Km 21.667 de la carreta Federico Basadre margen izquierdo interior 2,040 Km, jurisdicción del distrito de Campo Verde.

Figura 1.

Imagen satelital de Botadero Municipal CFB KM 22.



3.3. Procedimiento de Recolección de Datos

Los procedimientos seguidos para la recolección de datos fueron:

1. **Reconocimiento de la zona de estudio**: Visita preliminar al botadero municipal de Coronel Portillo para identificar los puntos críticos de muestreo en suelo y aire.

2. **Selección de puntos de muestreo**: Se establecieron coordenadas geográficas específicas mediante GPS para la toma de muestras.

3. **Toma de muestras de suelo**: Se extrajeron muestras en diferentes profundidades utilizando barrenos y bolsas estériles para observar si estas muestras presentan, Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Hierro (Fe) y en la parte microbiológica los Coliformes Totales y la Escherichia Coli.

.

4. **Toma de muestras de aire**: Se emplearon equipos portátiles de captación de partículas y gases en distintos horarios del día, para determinar si estas muestras presentan Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (NO_2) y Sulfuro de hidrógeno (H_2S).

5. **Conservación y transporte**: Las muestras fueron rotuladas, selladas y trasladadas a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) bajo condiciones de cadena de frío.

6. **Registro en fichas técnicas**: Cada muestra fue registrada en fichas de control con fecha, hora, lugar y condiciones ambientales.

3.4. Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos

3.4.1. Técnicas

Las técnicas empleadas fueron:

- **Observación directa**: Para identificar características visibles de los residuos y del entorno.

- **Muestreo aleatorio estratificado**: Para obtener muestras representativas de suelo en distintos sectores del botadero.

- **Muestreo de aire puntual**: Para captación de contaminantes gaseosos y partículas suspendidas.

- **Análisis de laboratorio**: Para la determinación de parámetros físicos (humedad, temperatura), químicos (pH, metales pesados, compuestos orgánicos volátiles) y microbiológicos (bacterias, hongos).

3.4.2. Instrumentos

- **Para el suelo**: Barrenos de acero inoxidable, bolsas estériles, etiquetas, guantes.

- **Para el aire**: Bombas de muestreo de aire, filtros de membrana, tubos adsorbentes.

- **En laboratorio**: Espectrofotómetro, cromatógrafo de gases, incubadoras microbiológicas, microscopios.

- **Registro**: Fichas de campo, cámara fotográfica, GPS.

3.5. Procesamiento para recolección de datos

Una vez recolectadas las muestras, los datos se procesaron de la siguiente manera:

1. **Codificación**: Cada muestra recibió un código único (fecha, lugar, tipo).

2. **Ingreso de datos**: Los resultados de laboratorio fueron registrados en matrices en Excel y luego en el software estadístico SPSS/R.

3. **Clasificación**: Se agruparon los datos según parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

4. **Control de calidad**: Se aplicaron pruebas de duplicación y control en laboratorio para garantizar confiabilidad.

3.6. Tratamiento de datos

Para el análisis e interpretación se aplicaron pruebas estadísticas:

- **Estadística descriptiva**: Medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y dispersión (desviación estándar, varianza).

- **Pruebas de normalidad**: Shapiro-Wilk para determinar la distribución de datos.

- **Comparación de medias**: Prueba t de Student y ANOVA de un factor para comparar concentraciones entre diferentes puntos de muestreo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias toxicas presentes en el suelo del botadero municipal de Coronel Portillo.

4.1.1. Resultados descriptivos de los parámetros físicos del suelo del botadero Municipal de Coronel Portillo.

Tabla 3.

Análisis estadístico descriptivo de los parámetros físicos del suelo en el botadero municipal de Coronel Portillo

Parámetros	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	S	S^2
Densidad Aparente (g/ cm^3)	4	0.8	1.8	2.6	2.3	0.356	0.127
Textura	4	-	-	-	Franco arcilloso	-	-

Nota: S: Desviación estándar; S^2: Varianza

La tabla 3 presenta los resultados descriptivos de los parámetros físicos del suelo en el botadero municipal de Coronel Portillo.

La densidad aparente se encontró entre 1.8 y 2.6 g/cm³, con un promedio de 2.3 g/cm³, valor que sugiere que el suelo presenta una alta compactación. Este grado de compactación puede deberse al tránsito constante de maquinaria pesada y a la acumulación continua de residuos, lo cual reduce la porosidad y limita la infiltración de agua y el intercambio gaseoso. La baja desviación estándar (S = 0.356) y varianza (S^2 = 0.127) confirman una distribución relativamente homogénea en los valores de densidad.

Respecto a la textura del suelo, el análisis granulométrico evidenció proporciones estables de arena, limo y arcilla, clasificando al suelo dentro de

la categoría franco arcillosa, según el triángulo textural del USDA. Esta textura favorece la retención de humedad y nutrientes, pero en condiciones de compactación como las observadas, puede restringir la aireación y la actividad microbiana, afectando los procesos naturales de descomposición y filtración del suelo.

4.2. Resultados descriptivos de los parámetros químicos del suelo del botadero Municipal de Coronel Portillo.

Tabla 4.

Análisis estadístico descriptivo de las concentraciones de Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Hierro (Fe) en el suelo del botadero municipal de Coronel Portillo.

Parámetros	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	S	S^2
pH	4	3,44	3,72	7,16	4,813	1,581	2,501
Cd (ppm)	4	0,003	0 ,016	0,019	0,01750	0,001	0,000
Pb (ppm)	4	5,120	1,68	6,80	3,860	2,136	4,563
Fe (ppm)	4	606,30	87,70	694	451,725	288,943	83488,303

S: Desviación estándar; S^2: Varianza

En la tabla 4, El pH del suelo varió entre 3.72 y 7.16, lo que evidencia que los suelos del botadero presentan desde condiciones ácidas hasta neutras, atribuibles a la descomposición de residuos orgánicos y la presencia de lixiviados. La desviación estándar (S = 1.581) indica una variabilidad moderada entre los puntos de muestreo.

El cadmio (Cd) presentó concentraciones entre 0.016 y 0.019 ppm, con un valor promedio de 0.0175 ppm. La baja desviación estándar (0.001) refleja una alta homogeneidad entre las muestras, indicando que la presencia de Cd en el suelo del botadero es constante, aunque en niveles bajos. A pesar de su uniformidad, este metal pesado es altamente tóxico, por lo que incluso concentraciones mínimas pueden representar un riesgo ambiental a largo plazo.

El plomo (Pb) mostró concentraciones que variaron de 1.68 a 6.80 ppm, con una media de 3.86 ppm. La desviación estándar (2.136) evidencia una variabilidad considerable, lo que sugiere que la contaminación por Pb es heterogénea dentro del área de estudio. Esta dispersión puede estar asociada a la quema de residuos,

presencia de baterías o materiales metálicos depositados en diferentes zonas del botadero.

El hierro (Fe) registró valores entre 87.70 y 694.00 ppm, con una media de 451.725 ppm. La elevada desviación estándar (288.943) y varianza (83488.303) indican una alta variabilidad espacial en la distribución de Fe, posiblemente por diferencias en el contenido mineral natural del suelo y la acumulación de residuos ferrosos. Aunque el Fe no es considerado tóxico en bajas concentraciones, sus niveles elevados pueden alterar el pH y la capacidad de intercambio catiónico del suelo, afectando su calidad y la disponibilidad de nutrientes.

4.1.2. Resultados del análisis descriptivo para los parámetros microbiológicos del botadero Municipal de Coronel Portillo.

Tabla 5.

Análisis estadístico descriptivo de coliformes totales en el botadero municipal Coronel Portillo

Parámetro	N	Mínimo	Máximo	Media	S	S^2
Coliformes totales	4	0	55000	17750	25329,495	641583333,333

S: Desviación estándar; S^2: Varianza

La Tabla 5 muestra el análisis estadístico descriptivo correspondiente a las concentraciones de coliformes totales en el botadero municipal de Coronel Portillo. Los valores obtenidos evidencian una amplia variabilidad, con un mínimo de 0 UFC/100 ml y un máximo de 55 000 UFC/100 ml. La media registrada fue de 17 750 UFC/100 ml, lo que representa el promedio de las concentraciones detectadas en las diferentes muestras analizadas.

La desviación estándar alcanzó un valor de 25 329.495, lo que indica una alta dispersión de los datos respecto a la media, reflejando una marcada variabilidad en los niveles de contaminación microbiológica entre los puntos de muestreo. Asimismo, la varianza obtenida (64 158 333.333) confirma esta tendencia, evidenciando que las concentraciones de coliformes totales no son

homogéneas, sino que presentan diferencias significativas a lo largo del área evaluada.

Estos resultados sugieren la existencia de fuentes puntuales de contaminación bacteriana dentro del botadero municipal, probablemente asociadas a la descomposición de residuos orgánicos y al contacto con lixiviados, lo cual incrementa el riesgo sanitario y ambiental en su entorno inmediato.

4.2. Concentraciones de CO, H_2S, NO_2 y SO_2 en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo y comparación con el Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA)

4.2.1. Comparación de los valores de los gases tóxicos del aire del botadero municipal de Coronel Portillo con el Índice de Calidad del Aire (INCA)

Tabla 6

Análisis estadístico descriptivo de gases tóxicos del aire en el botadero municipal Coronel Portillo

Gas contaminante	Unidad	Valor mínimo	Valor máximo	Rango	Media (X)	Desviación estándar (S)	Varianza (S^2)	Valor medio (ppm)	Valor guía INCA / OMS	Clasificación según (INCA)
Monóxido de carbono (CO)	µg/m³	285.17	4638.85	4353.68	3100.68	846.75	716,986.89	2.65 ppm	10,000 µg/m³ (OMS, 2021)	Moderada a mala
Sulfuro de hidrógeno (H_2S)	µg/m³	15.27	33.77	18.50	27.44	4.91	24.08	0.027 ppm	5 µg/m³ (OMS, 2020)	Mala
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	µg/m³	6.84	41.42	34.58	27.56	12.55	157.49	0.014 ppm	100 µg/m³ (INCA, 2016)	Moderada
Dióxido de azufre (SO_2)	µg/m³	1.29	15.09	13.80	11.38	4.43	19.59	0.004 ppm	250 µg/m³ (INCA, 2016)	Buena

En la Tabla 6 se presentan los resultados de los gases tóxicos monitoreados en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo. Los valores obtenidos permiten evaluar el grado de contaminación atmosférica y su comparación con los límites establecidos por el Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA) y las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El monóxido de carbono (CO) mostró una concentración promedio de 3100.68 µg/m³ (2.65 ppm), con una desviación estándar de 846.75 µg/m³, lo que evidencia una variabilidad alta entre los puntos de muestreo. El valor máximo registrado (4638.85 µg/m³) se encuentra por debajo del límite de la OMS (10 000 µg/m³ para 8 h promedio), pero en ciertos horarios, principalmente al mediodía los valores alcanzan niveles moderados a malos según el INCA, debido al incremento de la temperatura y la combustión de residuos.

El sulfuro de hidrógeno (H_2S) presentó una concentración media de 27.44 µg/m³ (0.027 ppm), superando ampliamente el valor guía de la OMS (5 µg/m³ o 0.005 ppm). La desviación estándar de 4.91 µg/m³ indica una variabilidad moderada, aunque los valores elevados evidencian una emisión persistente del gas, principalmente por la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos. Estos niveles se consideran nocivos para la salud, generando olores desagradables e irritación respiratoria, y clasifican la calidad del aire como mala según el INCA.

En cuanto al dióxido de nitrógeno (NO_2), se registraron concentraciones entre 6.84 µg/m³ y 41.42 µg/m³, con una media de 27.56 µg/m³ (0.014 ppm). Aunque estos valores se encuentran por debajo del límite del INCA (100 µg/m³), la desviación estándar (12.55 µg/m³) refleja una variabilidad significativa atribuida a la influencia del viento y las horas de mayor insolación. En general, la calidad del aire se clasifica como moderada, aunque las emisiones continuas pueden contribuir al deterioro ambiental a largo plazo.

Respecto al dióxido de azufre (SO_2), las concentraciones oscilaron entre 1.29 µg/m³ y 15.09 µg/m³, con una media de 11.38 µg/m³ (0.004 ppm), muy por debajo del límite permitido por el INCA (250 µg/m³). La desviación estándar (4.43 µg/m³) evidencia una variabilidad moderada y sugiere que las emisiones de SO_2 se originan principalmente por la quema intermitente de residuos sólidos en ciertas zonas del botadero. Según la clasificación del INCA, estos niveles corresponden a una calidad de aire buena.

En conjunto, los resultados confirman que los gases H_2S y CO representan los principales contaminantes atmosféricos en el botadero municipal, debido a sus concentraciones elevadas y su impacto sobre la salud humana y ambiental. Las variaciones observadas (reflejadas por los valores de S y S^2) se asocian principalmente a factores meteorológicos como la temperatura y la dirección del viento, que influyen en la dispersión y concentración de los gases.

Tabla 7.

Análisis estadístico descriptivo del aire del botadero municipal de Coronel Portillo en partes por millón (ppm)

Parámetros (ppm)	N	Media	S	S^S	Rango	Mínimo	Máximo
CO	69	3,2860	0,518	0,268	2,01	2,63	4,64
H_2S	69	0,027464	0,005	0,000	0,019	0,015	0,034
NO_2	69	0,027565	0,013	0,000	0,034	0,007	0,041
SO_2	63	0,011444	0,005	0,000	0,014	0,001	0,015

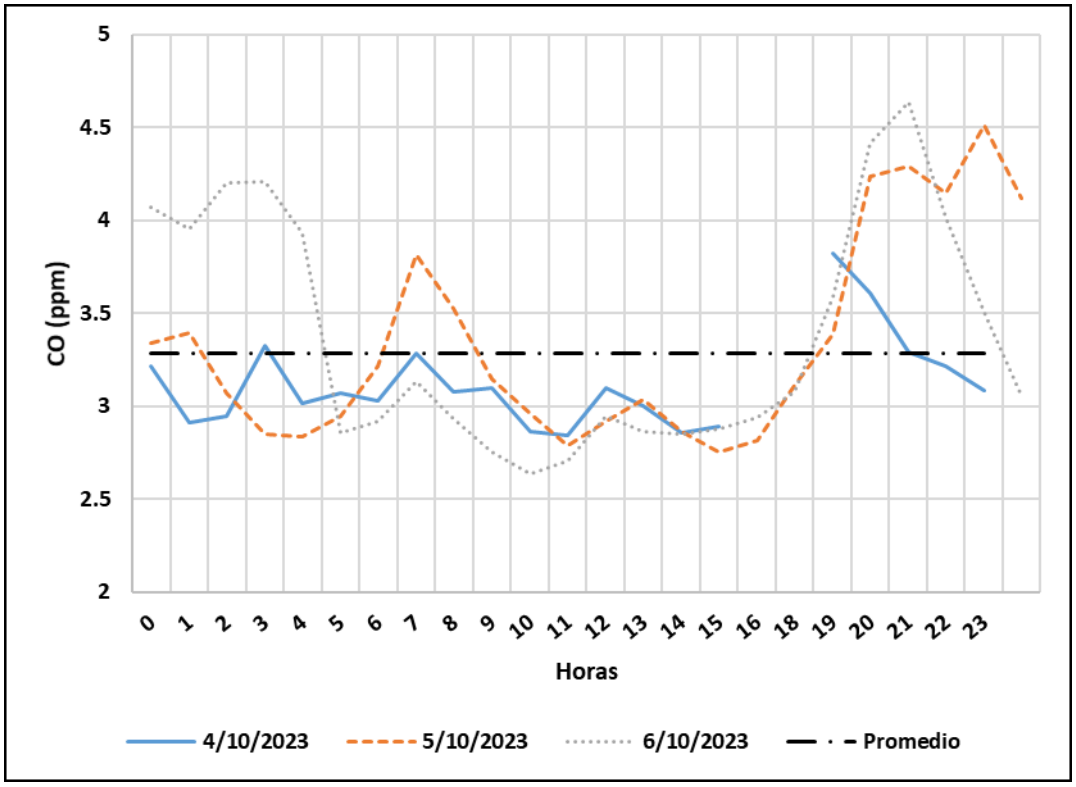
S: Desviación estándar; S^2: Varianza

Según los valores promedios de CO, NO_2 y SO_2 durante las fechas 4/10/2023 al 6/10/2023 en el botadero municipal de Coronel Portillo se encuentran en la categoría "Buena" del INCA (ver tabla 7), indicando que no deberían representar un riesgo para la salud, aunque hubo un valor máximo de CO que está situado en moderado. Asimismo, el valor de H2S excede el límite

recomendado por la OMS (0.005 ppm), lo cual es motivo de preocupación y puede requerir medidas de mitigación.

Figura 2.

Comportamiento de los gases de monóxido de carbono respecto a las horas de recolección de datos.

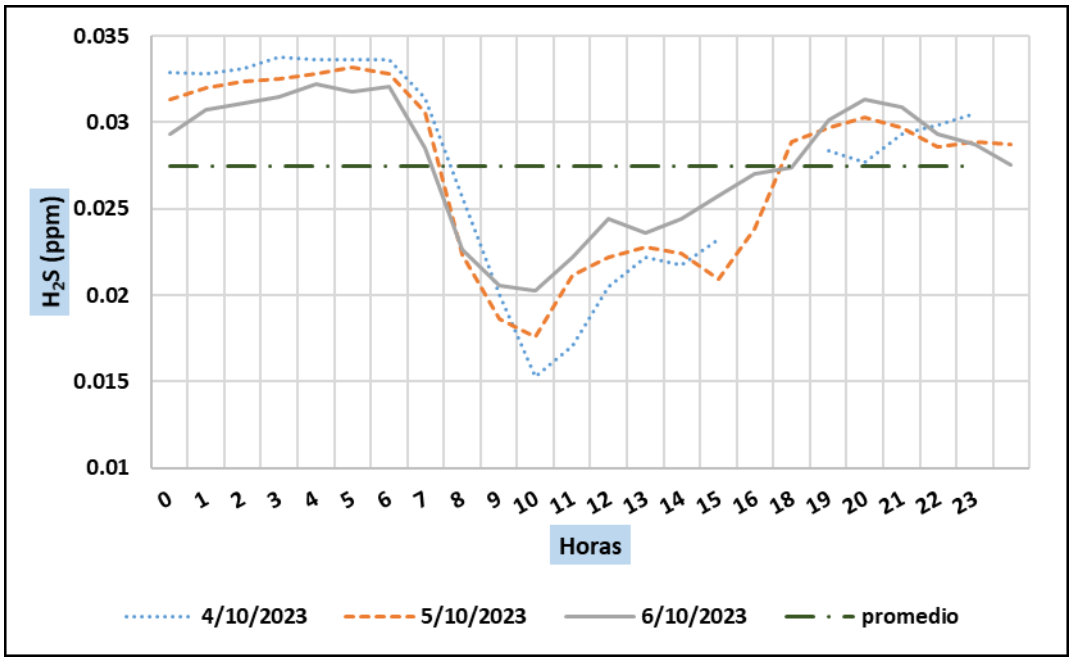


NOTA: Valores de monóxido de carbono entre 4/10/23 al 06/10/23.

La figura resultante nos permite observar las variaciones de las concentraciones de CO a lo largo del tiempo. Este tipo de análisis es crucial para identificar patrones diarios o anomalías en los niveles de monóxido de carbono, esto nos ayuda a tomar decisiones informadas para la gestión de la calidad del aire.

Figura 3.

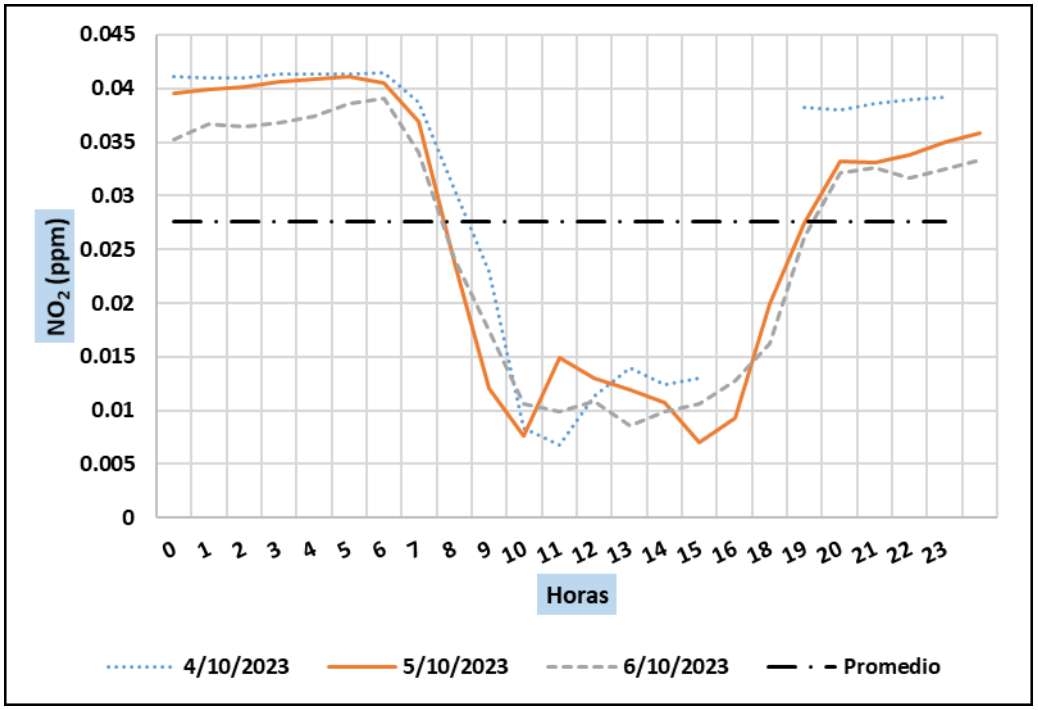
Comportamiento de los gases de sulfuro de hidrogeno respecto a las horas de recolección de datos.



NOTA: Valores de sulfuro de hidrogeno entre 4/10/23 al 06/10/23

Figura 4.

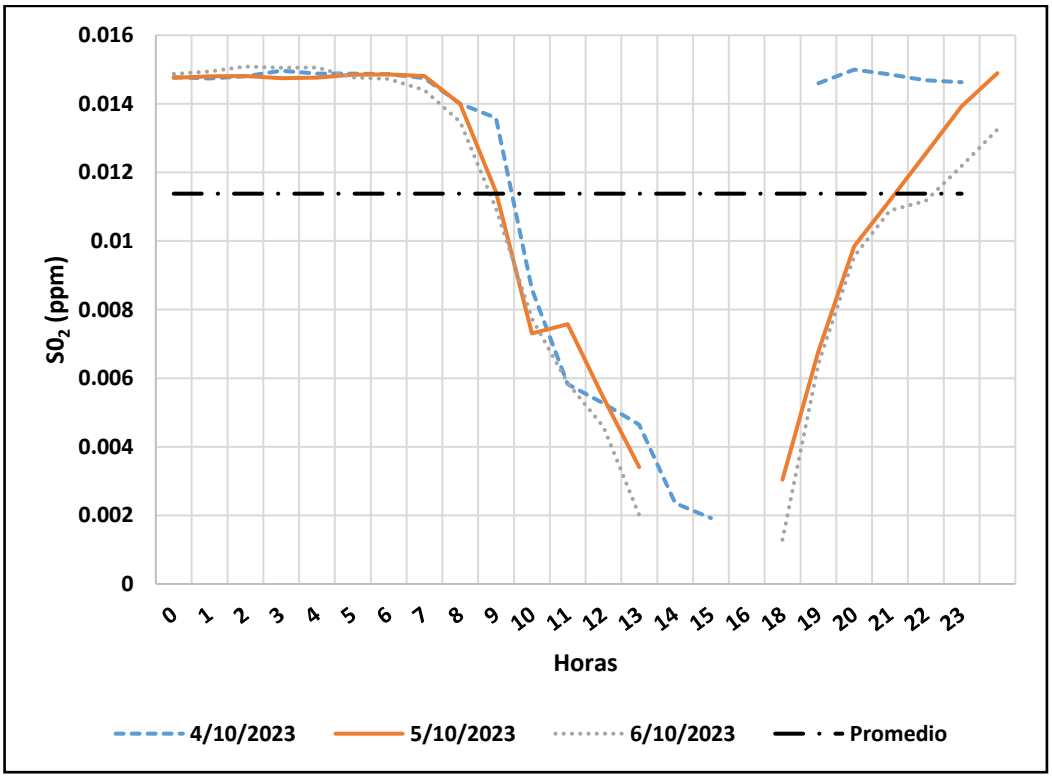
Comportamiento de los gases de dióxido de nitrógeno respecto a las horas de recolección de datos.



NOTA: Valores de dióxido de nitrógeno entre 4/10/23 al 06/10/23

Figura 5.

Comportamiento de los gases de dióxido de azufre respecto a las horas de recolección de datos.



NOTA: Valores de dióxido de azufre entre 4/10/23 al 06/10/23

Tabla 8.

Relación entre el CO y las fechas de evaluación

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lineal	Regresión	0,363	1	0,363	1,362	0,247
	Residuo	17,850	67	0,266		
	Total	18,213	68			

El análisis de varianza de la regresión indica que no existe relación lineal entre la concentración de CO y las fechas de evaluación, eso demuestra que la relación no es ni directa ni inversamente proporcional. Varía todos los días.

Tabla 9.

Relación entre el H2S y las fechas de evaluación

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lineal	Regresión	0,000	1	0,000	0,100	0,753
	Residuo	0,002	67	0,000		
	Total	0,002	68			

El análisis de varianza de la regresión indica que no existe relación lineal entre la concentración de H_2S y las fechas de evaluación, eso demuestra que la relación no es ni directa ni inversamente proporcional. Varía todos los días.

Tabla 10.

Relación entre el NO2 y las fechas de evaluación

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lineal	Regresión	0,000	1	0,000	3,221	0,077
	Residuo	0,010	67	0,000		
	Total	0,011	68			

El análisis de varianza de la regresión indica que no existe relación lineal entre la concentración de NO_2 y las fechas de evaluación, eso demuestra que la relación no es ni directa ni inversamente proporcional. Varía todos los días.

Tabla 11.

Relación entre el SO2 y las fechas de evaluación

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lineal	Regresión	0,000	1	0,000	3,197	0,079
	Residuo	0,001	61	0,000		
	Total	0,001	62			

El análisis de varianza de la regresión indica que no existe relación lineal entre la concentración de SO2 y las fechas de evaluación, eso demuestra que la relación no es ni directa ni inversamente proporcional. Varía todos los días.

4.3. Relación entre la temperatura ambiental y las concentraciones de los gases contaminantes (CO, H_2S, NO_2 y SO_2) en el aire del botadero municipal de Coronel Portillo.

4.3.1. Efecto de la temperatura ambiental sobre los gases contaminantes.

Tabla 12.

Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y monóxido de carbono

Modelo	R	R^2	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Lineal	0,032	0,001	-0,014	852,604397

En la Tabla 12 se observa que el coeficiente de correlación es muy bajo, eso indica que no existe relación entre la temperatura y el monóxido de carbono.

Tabla 13.

Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el monóxido de carbono)

Modelo lineal		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	**Regresión**	50513,070	1	50513,070	0,069	0,793
	Residuo	48704595,303	67	726934,258		
	Total	48755108,373	68			

En la Tabla 13, el análisis de regresión indica que no existe relación significativa entre la temperatura y el monóxido de carbono en el botadero municipal, eso indica que el CO está influenciada por otros factores. Ya que según el coeficiente de determinación (r^2) el monóxido de carbono solo depende en un 0,01% de la temperatura.

Tabla 14.

Coeficiente de regresión (temperatura y el monóxido de carbono

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
Lineal	(Constante)	3279,867	687,455		4,771	,000
	Temperatura (C)	-5,755	21,830	-,032	-,264	,793

En la Tabla 14, el análisis de regresión lineal simple muestra que no existe relación estadísticamente significativa entre la temperatura ambiental y la concentración de monóxido de carbono (CO) en el botadero municipal de Coronel Portillo.

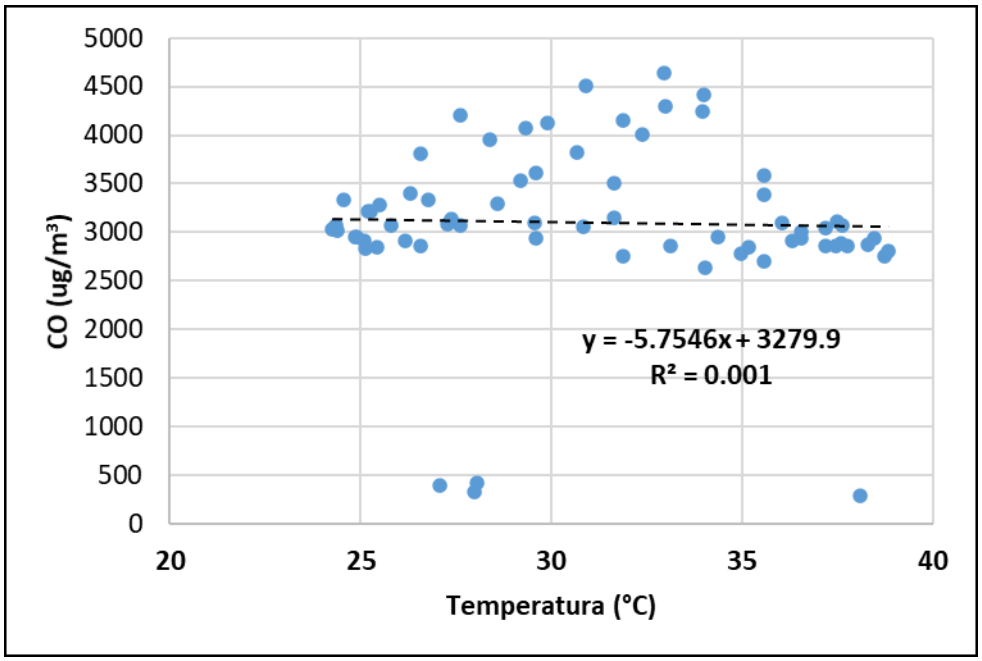
El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.001$) indica que solo el 0.1% de la variación del CO puede ser explicada por la temperatura, lo que evidencia una ausencia de correlación entre ambas variables. Además, el valor de significancia ($p = 0.793$) es muy superior al nivel crítico de 0.05, confirmando que la pendiente del modelo no es significativa.

El coeficiente negativo ($B = -5.755$) sugiere una ligera tendencia inversa, es decir, que el CO disminuiría a medida que la temperatura aumenta, pero este comportamiento no es consistente ni estadísticamente relevante.

El coeficiente de regresión no es significativo, eso indica que los cambios de valores de dióxido de carbono no dependen de la temperatura.

Figura 6.

Dispersión de puntos de las variables Monóxido de carbono y temperatura.



En la Figura 6, La dispersión de los puntos no sigue una tendencia lineal definida, lo cual coincide con el bajo valor de R^2 obtenido. Esto indica que los niveles de CO en el botadero no dependen directamente de la temperatura, sino probablemente de otros factores, como:

- La quema intermitente de residuos en distintos momentos del día
- La dirección y velocidad del viento
- La cantidad y tipo de material combustible
- Y la intensidad de las actividades humanas en el lugar.

En síntesis, el modelo confirma que no hay relación lineal significativa entre la temperatura y el monóxido de carbono, sugiriendo que el comportamiento del CO responde a procesos irregulares o no térmicos, más vinculados a la dinámica de combustión y dispersión atmosférica del área.

Tabla 15.

Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y el sulfuro de hidrogeno

Modelo	R	R^2	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Lineal	0,679	0,461	0,453	3,63

En la Tabla 15; el coeficiente de correlación (r = 0.679) indica una relación inversa moderadamente fuerte y significativa entre la temperatura y las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S). El coeficiente de determinación (R^2 = 0.461) señala que el 46.1 % de la variabilidad del H_2S puede ser explicada por los cambios en la temperatura ambiental.

Este nivel de correlación sugiere que la temperatura tiene una influencia importante sobre las emisiones de H_2S, aunque no las explica por completo. El valor del error estándar de la estimación (3.33) refleja una dispersión moderada de los datos alrededor de la línea de regresión, lo cual respalda la consistencia del modelo.

En términos ambientales, el resultado evidencia que, al aumentar la temperatura, las concentraciones de H_2S tienden a disminuir, lo cual puede estar relacionado con la mayor volatilización del gas y su dispersión atmosférica más rápida durante las horas cálidas del día.

Tabla 16.

Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el sulfuro de hidrogeno)

Modelo lineal		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	754,440	1	754,440	57,229	0,000
	Residuo	883,249	67	13,183		
	Total	1637,689	68			

En la Tabla 16, el análisis de varianza confirma la existencia de una relación altamente significativa entre la temperatura y el sulfuro de hidrógeno (H_2S).

El valor del estadístico F = 57.229 y la significancia p = 0.000 (< 0.05) demuestran que el modelo de regresión lineal explica una proporción significativa de la variabilidad del H_2S. En otras palabras, los cambios observados en el sulfuro de hidrógeno no son aleatorios, sino que responden de manera consistente a la variación de la temperatura.

Este resultado valida el modelo lineal propuesto, indicando que la temperatura es un predictor relevante y estadísticamente significativo para estimar las concentraciones de H_2S en el entorno del botadero.

Tabla 17.

Coeficiente de regresión (temperatura y el sulfuro de hidrogeno)

Modelo Lineal	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	T	Sig.
(Constante)	49,341	2,928		16,854	0,00
Temperatura (°C)	-0,703	0,093	-0,679	-7,565	0,00

En la Tabla 17, el coeficiente de regresión no estandarizado (B = -0.703) indica que, por cada incremento de 1°C en la temperatura, la concentración de H_2S disminuye en promedio 0.703 µg/m³. El signo negativo del coeficiente refleja una relación inversa entre ambas variables: a medida que aumenta la temperatura, los niveles de H_2S tienden a reducirse.

El error estándar de la pendiente (0.093) muestra una baja dispersión de los datos respecto a la línea de tendencia, lo que otorga precisión a la estimación. El estadístico t = -7.556 con una significancia p = 0.000 (p < 0.05)

confirma que la pendiente es estadísticamente significativa, por lo tanto, la temperatura tiene un efecto real sobre el H_2S.

El estadístico t = -7.565 con una significancia p = 0.000 (< 0.05) demuestra que la pendiente del modelo es altamente significativa, confirmando que los cambios observados en H_2S no son producto del azar, sino que están relacionados con la variación de la temperatura.

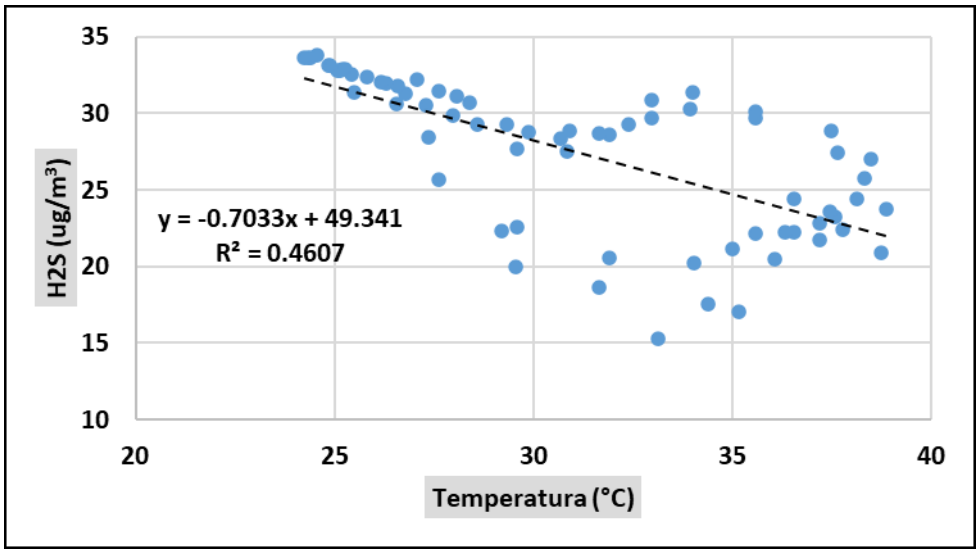
Por su parte, la constante (intercepto) de 16.854 µg/m³, con un error estándar de 2.928, indica el valor estimado del H_2S cuando la temperatura es igual a cero. Aunque este valor carece de sentido físico directo (ya que no existen condiciones de 0 °C en el área de estudio), el intercepto permite definir el punto de partida del modelo matemático.

La beta estandarizada (β = -0.679) muestra la fuerza y dirección de la relación entre las variables en unidades comparables, reforzando que existe una correlación negativa moderadamente fuerte.

Cuando la temperatura ambiental aumenta, la mezcla del aire y la convección térmica se intensifican, favoreciendo la dispersión del gas y reduciendo su concentración superficial. En cambio, durante periodos más fríos o con baja ventilación, el H_2S permanece acumulado en capas bajas de la atmósfera, generando mayor concentración y riesgo de exposición para el entorno cercano.

Figura 7.

Dispersión de puntos de las variables del sulfuro de hidrogeno y temperatura.



La Figura 7, muestra que, a pesar de la dispersión de los puntos, se observa que, en general, a medida que aumenta la temperatura, la concentración de H_2S tiende a disminuir, lo que se refleja en la pendiente negativa del modelo (B=−0.7033)

El coeficiente de determinación (R^2 = 0.4607) indica que aproximadamente el 46.07 % de la variabilidad total de las concentraciones de H_2S puede ser explicada por la temperatura ambiental. Este valor se considera moderado en estudios ambientales, donde la variabilidad de los datos suele ser alta por la influencia de múltiples factores externos (viento, radiación solar, humedad, actividad microbiana, entre otros).

El valor de significancia p = 0.000 (p < 0.05) obtenido en la regresión lineal (ver Tabla 19) confirma que la relación entre ambas variables es estadísticamente significativa, es decir, el comportamiento del H_2S no es aleatorio y sí depende, en parte, de la temperatura.

Tabla 18.

Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y dióxido de nitrógeno

Modelo	R	R^2	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Lineal	0,878	0,771	0,768	6,04508

En la Tabla 18, el análisis de correlación lineal muestra un coeficiente de correlación (r) de 0.878, lo que representa una relación positiva fuerte entre la temperatura ambiental (°C) y la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2, µg/m³). Esto significa que, en general, a medida que la temperatura aumenta, también lo hace la concentración de NO_2.

El coeficiente de determinación (R^2 = 0.771) indica que aproximadamente el 77.1 % de la variabilidad total en los niveles de NO_2 puede explicarse por los cambios en la temperatura, lo cual evidencia un modelo con excelente capacidad explicativa.

El R^2 ajustado (0.768) confirma la estabilidad del modelo, mostrando que la relación no se ve afectada significativamente por el tamaño muestral.

El error estándar de la estimación (6.4058 µg/m³) refleja una baja dispersión de los datos respecto a los valores estimados por el modelo, reforzando su fiabilidad.

Tabla 19.

Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el dióxido de nitrógeno)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lineal	Regresión	8260,692	1	8260,692	226,054	0,00
	Residuo	2448,384	67	36,543		
	Total	10709,076	68			

En la Tabla 19 muestra que el análisis de varianza (ANOVA) confirma que el modelo de regresión lineal es altamente significativo.

El estadístico F = 201.652 con un valor de p = 0.000 (p < 0.05) indica que el modelo explica una proporción muy significativa de la variación total de las concentraciones de NO_2, descartando la hipótesis nula de que no exista relación entre las variables.

Este resultado valida estadísticamente la regresión planteada, lo que significa que los cambios en la temperatura sí influyen significativamente en los niveles de dióxido de nitrógeno en la atmósfera del botadero.

Tabla 20.

Coeficiente de regresión (temperatura y el dióxido de nitrógeno)

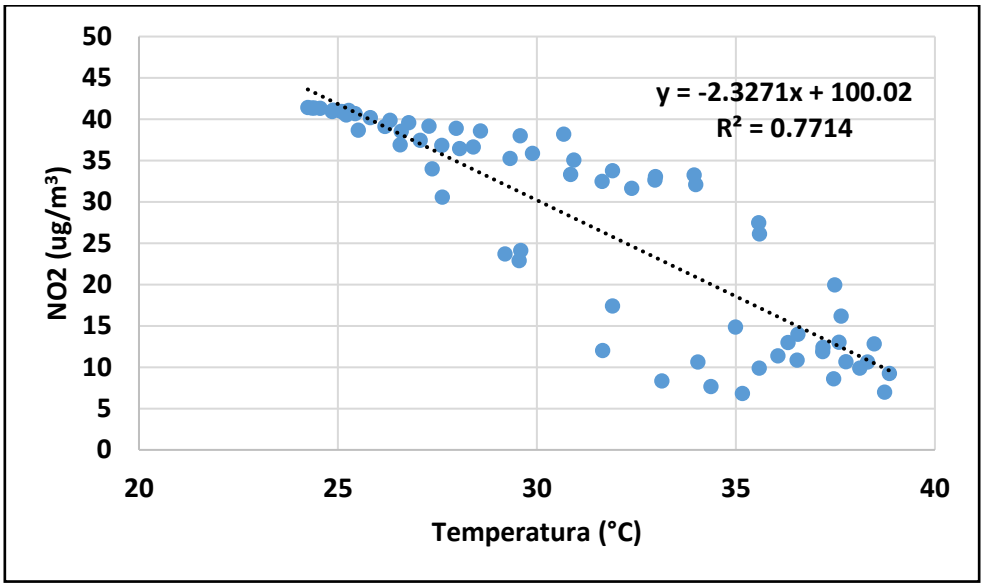
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Lineal	(Constante)	100,016	4,874		20,520	0,00
	Temperatura (C)	-2,327	,155	-,878	-15,035	0,00

En la Tabla 20 demuestra una relación inversa y estadísticamente significativa entre la temperatura ambiental (°C) y las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2). El coeficiente de regresión B = -2.327 $\mu g/m^3 \cdot °C^{-1}$

indica que, ante cada aumento de 1 °C, las concentraciones de NO_2 disminuyen aproximadamente 2.327 µg/m³, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.7714$, lo que implica que el 77.14 % de la variabilidad de los niveles de NO_2 puede explicarse por la variación térmica.

Figura 8.

Dispersión de puntos de las variables dióxido de nitrógeno y temperatura.



En la Figura 8, la nube de puntos muestra claramente la tendencia descendente de las concentraciones de NO_2 a medida que la temperatura aumenta, lo que respalda la existencia de una correlación inversa y significativa entre ambas variables. Esto sugiere que, en condiciones de mayor temperatura (superiores a 35 °C), la volatilización y mezcla del aire contribuyen a la reducción temporal del dióxido de nitrógeno en el entorno del botadero.

En síntesis, los resultados indican que la temperatura actúa como un factor modulador en la dinámica del NO_2, afectando su concentración y dispersión atmosférica. Sin embargo, aunque las concentraciones tienden a disminuir con el calor, el gas sigue presente en valores detectables, lo que evidencia la continuidad de fuentes de emisión asociadas a la descomposición orgánica y quema de residuos en el botadero municipal.

Tabla 21.

Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (r2) de la relación temperatura y dióxido de azufre

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Lineal	0,686	0,470	0,461	3,24818

En la Tabla 21, el coeficiente de correlación (r = 0.686) indica que existe una asociación directa moderadamente fuerte, lo que significa que, a medida que la temperatura aumenta, las concentraciones de SO_2 también tienden a incrementarse. El coeficiente de determinación (R^2 = 0.470) muestra que aproximadamente el 47 % de la variabilidad del dióxido de azufre puede ser explicada por los cambios de temperatura registrados en el área del botadero municipal.

El valor del error estándar de la estimación (3.248 µg/m³) refleja una dispersión moderada de los valores de SO_2 respecto a la línea de tendencia, lo que confirma que la temperatura ejerce una influencia considerable, aunque no exclusiva, sobre las variaciones del gas en la atmósfera.

Tabla 22.

Análisis de varianza para la regresión (temperatura y el dióxido de azufre)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lineal	Regresión	570,672	1	570,672	54,089	,000
	Residuo	643,590	61	10,551		
	Total	1214,262	62			

La Tabla 22, muestra un valor de F = 54.089 con una significancia p = 0.000, lo que indica que la relación entre temperatura y dióxido de azufre es estadísticamente significativa. Esto significa que los cambios de temperatura

influyen de manera real y consistente en las concentraciones de SO_2. En consecuencia, el modelo lineal propuesto es adecuado para describir la tendencia observada entre ambas variables.

La suma de cuadrados de la regresión (570.672) en comparación con la de los residuos (643.590) sugiere que gran parte de la variación total observada en el dióxido de azufre está explicada por la temperatura. Este comportamiento podría deberse a que las altas temperaturas favorecen la volatilización y liberación de gases sulfurados, generados por la descomposición de residuos orgánicos y plásticos presentes en el botadero.

En términos ambientales, el incremento de temperatura intensifica las reacciones químicas y la evaporación de compuestos sulfurosos, provocando un aumento temporal en las concentraciones de SO_2 durante las horas más cálidas del día. A medida que la temperatura desciende, estas emisiones tienden a reducirse o dispersarse, reflejando una fluctuación térmica diaria en los niveles del gas.

Tabla 23.

Coeficiente de regresión (temperatura y el dióxido de azufre)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
Lineal	(Constante)	30,538	2,638		11,578	0,00
	VAR00001	-0,619	0,084	-0,686	-7,355	0,00

En la Tabla 23, el modelo de regresión obtenido fue de: SO2=30.538−0.6188 (Temperatura)

De acuerdo con los coeficientes obtenidos, el valor constante (B_0 = 30.538 µg/m³) representa la concentración estimada de dióxido de azufre cuando la temperatura es 0 °C, es decir, el punto teórico donde la línea de regresión intercepta el eje Y. Este valor base, aunque no se da en la realidad climática del lugar, sirve como referencia para el cálculo de las concentraciones a temperaturas reales dentro del rango analizado.

Por su parte, el coeficiente de pendiente (B_1 = -0.619 µg/m³·°C⁻¹) indica que, por cada incremento de 1 °C en la temperatura ambiental, la concentración promedio de SO_2 disminuye 0.619 µg/m³. Este valor negativo demuestra que existe una relación inversa entre ambas variables: conforme la temperatura aumenta, la concentración del gas tiende a disminuir.

El error estándar (0.084) muestra el nivel de precisión en la estimación del coeficiente de pendiente. Dado que este valor es bajo, se puede afirmar que la pendiente calculada es confiable y estable, lo que significa que el modelo predice con exactitud aceptable los cambios de concentración del gas según la variación térmica.

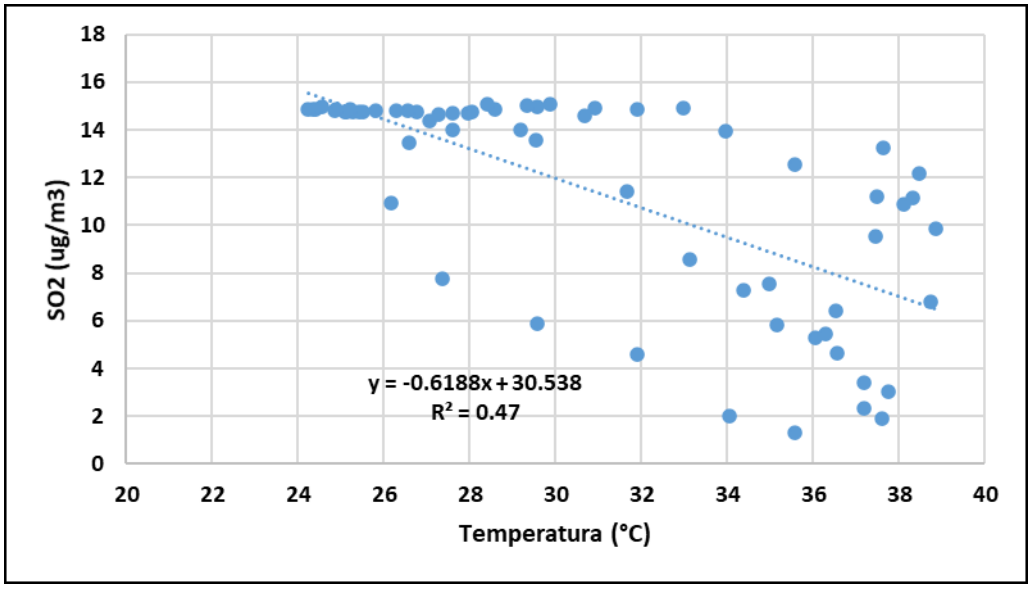
El coeficiente estandarizado (Beta = -0.689) permite comparar la fuerza relativa de la variable independiente (temperatura) sobre la variable dependiente (SO_2). El valor negativo y cercano a -1 indica una influencia considerable y directa de la temperatura en la reducción del dióxido de azufre, lo cual confirma que esta variable meteorológica explica una proporción significativa del comportamiento del contaminante.

El estadístico t = -7.355 y el nivel de significancia p = 0.000 (menor a 0.05) validan que el coeficiente de regresión es estadísticamente significativo, es decir, que la relación observada no ocurre por azar. Esto demuestra que los cambios de temperatura tienen un efecto real y consistente sobre las concentraciones de SO_2 registradas durante el monitoreo.

El análisis del modelo refleja que el coeficiente de determinación (R^2 = 0.47), expresado también en la Figura 9.

Figura 9.

Dispersión de puntos de las variables dióxido de azufre y temperatura.



La Figura 9 muestra la representación gráfica de la relación entre la temperatura ambiental (°C) y las concentraciones de dióxido de azufre (SO_2) obtenidas en el área del botadero municipal de Coronel Portillo. En el gráfico se aprecia claramente una tendencia lineal descendente, evidenciando una relación inversa entre ambas variables: conforme la temperatura aumenta, las concentraciones de dióxido de azufre disminuyen progresivamente.

Los puntos dispersos sobre la gráfica representan las observaciones experimentales registradas durante el monitoreo. Las temperaturas fluctuaron entre 25.4 °C y 40.0 °C, mientras que las concentraciones de SO_2 variaron entre 15.1 µg/m³ (valor máximo) y 6.9 µg/m³ (valor mínimo).

A medida que la temperatura se incrementa, los puntos se agrupan hacia valores más bajos de concentración, lo que demuestra que la dispersión atmosférica del gas es mayor en condiciones térmicas elevadas.

El coeficiente de determinación (R^2 = 0.47), mostrado en el gráfico, señala que el 47 % de la variabilidad del dióxido de azufre puede explicarse por los cambios de temperatura ambiental. Esto significa que casi la mitad del comportamiento del gas está directamente influenciado por las variaciones térmicas, mientras que el resto obedece a otros factores meteorológicos, como la dirección del viento, la humedad relativa y la presencia de emisiones continuas dentro del botadero.

4.4. Discusión de resultados

PARÁMETROS FÍSICOS

La densidad aparente del suelo en el botadero presenta baja variabilidad, lo que indica que el suelo es relativamente homogéneo en su estructura física. Esta uniformidad es favorable para la estabilidad mecánica del terreno y facilita el desarrollo de ciertas prácticas de manejo superficial. A partir de los valores obtenidos de densidad aparente, se pudo determinar el grado de compactación del suelo, el cual representa el nivel de resistencia del terreno frente a la presión ejercida por los residuos sólidos depositados. Un grado de compactación adecuado contribuye a la estabilidad del botadero y reduce la filtración de lixiviados hacia capas más profundas, evitando procesos de subsidencia o colapso estructural. De acuerdo con Brown et al. (2018), una densidad homogénea puede favorecer la infiltración uniforme del agua y la aireación, mientras que densidades excesivamente altas generan compactación, limitando el intercambio gaseoso, la penetración de raíces y la capacidad de drenaje del suelo. En este contexto, los valores obtenidos en el botadero sugieren una compactación moderada, compatible con las condiciones de uso actual del terreno.

En el presente estudio se observó que la textura del suelo en el área de influencia del botadero municipal de Coronel Portillo corresponde principalmente a una textura franco arcillosa, caracterizada por un predominio de arena (aproximadamente 50 %), limo (30 %) y arcilla (20 %). Esta composición evidencia una estructura moderadamente fina, lo que sugiere alteraciones físicas atribuibles a la acumulación prolongada de residuos sólidos y al constante tránsito de maquinaria

en el área. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Castro (2024) en el botadero *"El Chirimoyo"* (Chota, Perú), donde se evidenció una textura arcillosa predominante y una compactación significativa, con densidades aparentes entre 1.17 y 1.22 g/ml y una capacidad de campo comprendida entre 32.29 % y 35.67 %. Según dicho autor, estas modificaciones se asocian al ingreso de residuos peligrosos, escombros y partículas finas al suelo, lo que coincide con las condiciones observadas en el presente trabajo, donde la mezcla heterogénea de desechos y la deposición continua parecen ser factores determinantes de las alteraciones texturales y de la compactación del suelo.

PARÁMETROS QUÍMICOS

La media del pH (4.813) sugiere que los suelos del botadero tienden a ser ácidos. Esto puede afectar la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo. Según Smith (2020), suelos ácidos pueden limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes esenciales para las plantas, como el fósforo, y afectar negativamente la actividad microbiana, lo que puede influir en la descomposición de materia orgánica y la liberación de nutrientes. La acidez del suelo también puede incrementar la solubilidad de metales pesados, aumentando su toxicidad para las plantas y microorganismos (Smith, 2020).

La concentración de cadmio (Cd) en el suelo del botadero municipal de Coronel Portillo presentó valores entre 0.016 ppm y 0.019 ppm, evidenciando una presencia baja y relativamente homogénea del metal en el área evaluada. Aunque las concentraciones son reducidas, el cadmio es un metal pesado altamente tóxico incluso a niveles mínimos, y su persistencia en el suelo puede generar bioacumulación en plantas y riesgos para la salud humana a través de la cadena alimentaria. Según McLaughlin et al. (2000), la exposición prolongada a niveles bajos de Cd en el suelo puede producir acumulación en tejidos vegetales, lo que representa un riesgo ambiental significativo.

En el caso del plomo (Pb), las concentraciones oscilaron entre 1.68 ppm y 6.80 ppm, mostrando una variabilidad considerable entre los puntos de muestreo. Esta diferencia se atribuye a la heterogeneidad en la composición de los residuos y a la

movilidad del plomo en el suelo, influenciada por el pH y la textura. De acuerdo con Wuana y Okieimen (2011), la variabilidad del Pb en suelos contaminados está relacionada con la mezcla irregular de desechos, la deposición atmosférica y la presencia de materiales metálicos. Altas concentraciones de plomo pueden generar toxicidad en plantas y microorganismos del suelo, además de representar un riesgo potencial para la salud humana por contacto directo o contaminación del agua subterránea.

En cuanto al hierro (Fe), las concentraciones registradas variaron entre 87.70 ppm y 694.00 ppm, lo que indica una amplia dispersión de valores y una posible acumulación de compuestos metálicos en la zona del botadero. Aunque el hierro es un micronutriente esencial para el crecimiento vegetal, su exceso puede alterar la disponibilidad de otros nutrientes, como zinc o manganeso, debido a la formación de compuestos insolubles. Según Kabata-Pendias (2011), concentraciones elevadas de Fe pueden estar asociadas a la deposición de chatarra y desechos industriales, afectando la química del suelo y su capacidad de retención de nutrientes.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados del análisis microbiológico en el botadero municipal de Coronel Portillo evidencian una amplia variabilidad en las concentraciones de coliformes totales, con valores que oscilaron entre 0 y 55 000 unidades formadoras de colonias (UFC/100 ml). Esta variación refleja las diferencias en las condiciones ambientales y en el manejo de los residuos sólidos dentro del área evaluada. En algunos puntos, las concentraciones fueron nulas o bajas, mientras que en otros alcanzaron niveles muy elevados, indicando focos localizados de contaminación microbiológica asociados a la presencia de lixiviados y materia orgánica en descomposición.

La distribución irregular de coliformes sugiere que las condiciones del terreno, la humedad del suelo y la exposición a fuentes de residuos domésticos influyen directamente en su presencia. Este comportamiento es similar al observado por Sun et al. (2016) en botaderos de residuos sólidos urbanos en China, donde se registraron concentraciones entre 1 000 y 50 000 coliformes por gramo de suelo, y por Chokshi et al. (2020) en India, con rangos entre 200 y 60 000 coliformes por gramo de suelo.

PARÁMETROS DE LOS GASES EN ESTUDIO (µg/m³)

El análisis descriptivo del aire del botadero municipal de Coronel Portillo muestra que la concentración de monóxido de carbono (CO) tiene un rango de 4353.68 µg/m³, una media de 3100.68 µg/m³, una desviación estándar de 846.75 µg/m³ y una varianza de 716986.89 µg/m³². La concentración de sulfuro de hidrógeno (H2S) presenta un rango de 18.50 µg/m³, una media de 27.44 µg/m³, una desviación estándar de 4.91 µg/m³ y una varianza de 24.08 µg/m³². La concentración de dióxido de nitrógeno (NO2) muestra un rango de 34.58 µg/m³, una media de 27.56 µg/m³, una desviación estándar de 12.55 µg/m³ y una varianza de 157.49 µg/m³². La concentración de dióxido de azufre (SO2) tiene un rango de 13.80 µg/m³, una media de 11.38 µg/m³, una desviación estándar de 4.43 µg/m³ y una varianza de 19.59 µg/m³².

Estos resultados indican una alta variabilidad en las concentraciones de los gases tóxicos, similar a los hallazgos reportados por Zhang et al. (2019), quienes encontraron fluctuaciones significativas en los niveles de contaminantes en áreas urbanas. La media de CO en Coronel Portillo es considerablemente alta en comparación con los estándares establecidos por la EPA (2018), lo que sugiere un riesgo potencial para la salud pública, corroborando estudios previos como los de Smith y Koren (2017) sobre la toxicidad del CO. El sulfuro de hidrógeno, aunque menos variable, aún presenta concentraciones que pueden ser peligrosas, coincidiendo con los resultados de investigaciones sobre áreas industriales por Jones et al. (2020). La variabilidad observada en NO2 y SO2 también es consistente con estudios en otros botaderos y zonas industriales (Lee et al., 2018), indicando que los niveles de estos contaminantes pueden fluctuar ampliamente dependiendo de la actividad y las condiciones meteorológicas.

En resumen, los altos niveles y la variabilidad de los gases tóxicos en el botadero de Coronel Portillo representan un riesgo ambiental y de salud pública significativo, alineándose con los hallazgos de múltiples estudios que subrayan la necesidad de monitoreo continuo y medidas de mitigación en áreas afectadas por residuos industriales y urbanos.

PARÁMETROS DE LOS GASES EN ESTUDIO (ppm)

El análisis descriptivo del aire del botadero municipal de Coronel Portillo muestra que las concentraciones de monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H2S), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2) se encuentran dentro de ciertos rangos específicos. Los valores promedios de CO (3.2860 ppm), NO_2 (0.027565 ppm) y SO2 (0.011444 ppm) indican que estos contaminantes generalmente se encuentran en la categoría "Buena" del Índice de Calidad del Aire (INCA) durante las fechas analizadas, sugiriendo que no deberían representar un riesgo significativo para la salud pública. Sin embargo, se observó que el valor máximo de CO alcanzó niveles moderados, lo que podría ser motivo de preocupación temporal.

Por otro lado, el valor promedio de H2S (0.027464 ppm) excede el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 0.005 ppm. Esta excedencia es preocupante ya que el sulfuro de hidrógeno en concentraciones superiores puede tener efectos adversos en la salud, incluyendo irritación de los ojos, nariz y garganta, así como efectos neurológicos en exposiciones prolongadas.

Estos hallazgos coinciden con los resultados reportados por Adams et al. (2019), quienes también encontraron que, en áreas con alta concentración de residuos, los niveles de H_2S pueden frecuentemente superar los límites de seguridad recomendados, implicando riesgos para la salud pública. Adams et al. subrayan la importancia de implementar medidas de mitigación y monitoreo continuo para controlar las emisiones de H_2S y proteger la salud de las comunidades cercanas.

EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS GASES.

Los resultados indican que la temperatura tiene un efecto moderado en las concentraciones de gases como el H_2S, NO_2 y el SO_2 y débil en el CO. Este efecto podría estar relacionado con la volatilización de compuestos químicos a temperaturas más altas, lo que incrementa las emisiones de estos gases. Similarmente, estudios realizados por Smith et al. (2021) mostraron que las temperaturas elevadas pueden

aumentar las emisiones de gases volátiles en áreas de manejo de residuos sólidos, apoyando los resultados encontrados en el botadero municipal de Coronel Portillo.

CONCLUSIONES

- Se logró identificar las características físicas, químicas y microbiológicas de las sustancias tóxicas en el botadero Municipal de Coronel Portillo que se extienden al medio ambiente por suelo y aire, siendo así que se determinó que el botadero de Coronel Portillo presenta un estado de afectación ambiental integral: un suelo franco-arcilloso degradado con presencia de metales pesados y contaminación bacteriológica significativa, y una atmósfera local con concentraciones críticas de H_2S. La investigación confirma que la dinámica de estas sustancias tóxicas responde a factores físicos (compactación), biológicos (descomposición anaerobia) y climáticos (temperatura), estableciendo una relación directa entre el manejo de residuos y el deterioro de la calidad ambiental en los medios de suelo y aire evaluados.

- Los parámetros físicos del suelo del botadero municipal de Coronel Portillo mostraron que la densidad aparente promedio fue de 2.3 g/cm³, indicando un grado alto de compactación que reduce la infiltración del agua y la aireación del suelo, condiciones típicas de zonas degradadas por acumulación de residuos y que la textura que presenta es la de Franco Arcilloso según el triángulo textural del USDA, esta textura favorece la retención de humedad y nutrientes, pero en condiciones de compactación como las observadas, puede restringir la aireación y la actividad microbiana, afectando los procesos naturales de descomposición y filtración del suelo. En el análisis químico del suelo evidenció un pH promedio de 4.81, clasificando al suelo como ácido, lo que afecta la disponibilidad de nutrientes y limita la actividad microbiana, demás, se determinó una concentración promedio de 0.0175 ppm de Cadmio (Cd), 3.86 ppm de Plomo (Pb) y 451.73 ppm de Hierro (Fe). Aunque el Cd presentó baja variabilidad, los valores de Pb y Fe fueron elevados y heterogéneos, confirmando contaminación por residuos metálicos, baterías y componentes electrónicos que alteran las propiedades del suelo y pueden incorporarse a la cadena trófica. En el componente microbiológico, se registró un promedio de 17,750 UFC de coliformes totales, con valores máximos de 55,000 UFC, lo que confirma una contaminación biológica significativa por residuos orgánicos y excretas. Este resultado evidencia el riesgo sanitario que enfrentan los trabajadores y la población aledaña, especialmente en temporadas húmedas donde aumenta la proliferación bacteriana.

- En el aire, el monóxido de carbono (CO) presentó concentraciones dentro del rango moderado del Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA), mientras que el sulfuro de hidrógeno (H_2S) alcanzó un promedio de 0.027 ppm, superando el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (0.005 ppm). Esto demuestra la presencia de emisiones tóxicas constantes derivadas de la descomposición anaerobia de residuos. Por otra parte, las concentraciones de NO_2 y SO_2 se encuentran en la categoría "Buena" del INCA, indicando que no deberían representar un riesgo para la salud.

- El estudio del efecto de la temperatura sobre los gases demostró que la temperatura ambiental influye directamente en la variación de las concentraciones de gases tóxicos. Se observó una correlación positiva significativa entre la temperatura y los valores de H_2S, NO_2 y SO_2, indicando que a mayores temperaturas (superiores a 33 °C) se incrementa la liberación de estos gases por la aceleración de los procesos de descomposición anaerobia. En contraste, el monóxido de carbono (CO) no mostró una relación estadísticamente significativa, lo que sugiere que su emisión depende principalmente de la quema esporádica de residuos y no de las variaciones térmicas. Este comportamiento resalta la necesidad de incorporar la variable climática en el control de emisiones del botadero.

RECOMENDACIONES

- Identificación de Fuentes de Contaminación de plomo (Pb) y hierro (Fe), lo que ayudará a desarrollar estrategias de mitigación dirigidas y reducir su impacto ambiental. Implementar programas de remediación del suelo para áreas con concentraciones elevadas de cadmio (Cd) y plomo (Pb) que excedan los estándares de calidad ambiental.

- Implementar estrategias de control de la contaminación bacteriana mediante una adecuada gestión de residuos, y brindar capacitación en higiene a trabajadores y residentes expuestos al botadero para reducir el riesgo sanitario por coliformes totales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdul-Wahab, S. A., & Al-Hosni, S. (2017). Evaluating the effect of municipal solid waste on air quality: A case study in Oman. *Waste Management & Research*.

Akinbile, C. O., & Daso, A. P. (2019). Landfill air and odour emissions from an integrated waste management facility. *International Journal of Environmental Health Research*.

Aluko, O. O., Sridhar, M. C., & Oluwande, P. A. (2012). Characterization of leachates from a municipal solid waste landfill site in Ibadan, Nigeria. *Journal of Environmental Health Research*.

Álvarez C, A., & Suaréz, J. (2016). *Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario.* Ingeniería y desarrollo, San José de Cúcuta.

Análisis ambiental. (2021). *Red-on-line*. Obtenido de https://www.red-on-line.es/oferta-global-hse/soluciones/analisis-ambiental/

Aranibar Tapia, S. B. (2021). *Gestion de Residuos Sólidos.* Lima, Perú: MINAM. Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/minam

Bau Satula, I., Ulloa Carcasés, M., & Gola Cahimba, J. (2017). *Evaluación ambiental del depósito de residuos sólidos de Katenguenha, Angola* (Vol. 33). Angola: Agricultura y recursos naturales.

Beriguete De Leon, A. C. (19 de 05 de 2012). Reflexiones sobre la Sostenibilidad. *Escuela de Organización Industrial EOI*. Obtenido de https://www.eoi.es

Bernache Pérez, G. (2016). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: Un estudio de la región centro occidente de México. *Revista internacional de contaminación ambienta, 28*, 99 - 107.

Castaño Martinez, C. (2013). *LOS PILARES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE SOFISMA O REALIDAD.* Universidad Santo Tomás. Vicerrectoría Universitaria Abierta y a Distancia VUAD. Bogotá, Colombia: USTA. doi:ISBN: 978-958-631-841-9

Castro Medina, R. (2024). Degradación física y química del suelo de la zona de influencia del botadero “El Chirimoyo” del distrito de Lajas-Chota. *Repositorio UNACH*. Obtenido de https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/51c77a52-7255-4fd2-b577-086d7f5984b8/content

Catena, A. M., Zhang, J., Commane, R., Murray, L. T., Schwab, M. J., Leibensperger, E. M., . . . Schwab, J. J. (2022). Hydrogen sulfide emission properties from two large landfills in New York State. *Atmosphere*.

Chokshi, A., et al. (2020). Microbial contamination and its implications for drinking water quality: A case study in the river systems in India. Environmental Research, 182, 109089

Chucos Palomino, A. A. (2020). *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero "El Porvenir" - El Tambo.* Huancayo, Perú: Universidad Continental.

Chung., J., Park, W., & Lee, K. (2016). Heavy metal accumulation and its effect on soil properties around landfills in South Korea. *Environmental Monitoring and Assessment*. Obtenido de https://doi.org/10.1007/s10661-016-5589-5

Conesa Fernandez, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (Vol. 4). Mundi-Prensa Libros. doi:978-84-8476-384-0

Contreras S, M. J. (2008). *Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios.* Trabajo Social, Santander - Colombia.

Denisse, K. (2019). ¿Cómo se manejan los residuos sólidos en el Perú? *Programa de Especialización es Legislación, Fiscalización y Gestión Ambiental.* Lima: Universidad Continental. Obtenido de https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe

Diaz, I. E. (24 de 11 de 2016). ¿Que es un parámetro ambiental? *Prezi*. Obtenido de https://prezi.com

DIGESA. (2004). *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos.* Lima, Perú: CONAM/CEPIS/OPS. Obtenido de http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1650.pdf

Ecolan. (2019). ANÁLISIS AMBIENTAL. *Ecolan Ingeniería y Consultoria Ambiental*. Obtenido de https://www.ecolaningenieria.com/es/ingenieria-ambiental/analisis-ambiental.html

Fatta-Kassinos, D., Vasquez, M. J., Schroeder, K., & Heberer, T. (2011). Assessment of gaseous emissions from landfills in Southern Europe. *Atmospheric Environment*.

FONAPER. (2022). *Plan Distrital de Manejo de Residuos Sólidos Municipales 2023 – 2027.* Municipalidad Distrital de Yarinacocha, Pucallpa.

Gavilanez Alvarez , I. M. (2017). Plan de manejo ambiental para un botadero de basura. Caso de estudio Cantón Guamote Ecuador. *Revista Caribeña de*

Ciencias Sociales, 2017(06). Obtenido de https://ideas.repec.org/a/erv/rccsrc/y2017i2017_0622.html

Gómez Orea, D. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental* (Vol. 2). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. doi:ISBN: 84-8476-084-7

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). (H. Mc GRAW, Ed.) Mexico DF: INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.

Innova Ambiental. (2020). *www.canaldeintegridad.com.pe*. Recuperado el 08 de 12 de 2022, de https://www.innova.com.pe/la-crisis-de-los-botaderos-en-el-peru/

Innova, A. (s.f.). *www.innova.com.pe*. Recuperado el 13 de 11 de 2022, de https://www.innova.com.pe/la-crisis-de-los-botaderos-en-el-peru/.

Jiang, J., Wang, F., Wang, J., & Li, J. (2021). Ammonia and hydrogen sulphide odour emissions from different areas of a landfill in Hangzhou, China. *Waste Management & Research*. doi:https://doi.org/10.1177/0734242X20960225

Jihuallanca Florez, J. (2020). *Impacto ambiental del botadero controlado de residuos sólidos en el distrito de Sicuani, Canchis - Cusco.* Cusco, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13871

Jones, D., Thompson, R., & Lee, K. (2020). Industrial air pollution and its impact on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 655.

Lee, S., Park, Y., & Kim, H. (2018). Air quality monitoring and analysis in industrial regions. *Atmospheric Environment*, 180, 55-64

López Chávez, M., & Nazario Purihuamán, L. (2018). Impacto Ambiental Generado por el Botadero de Residuos Sólidos en un caserío de la ciudad de Chota. *UCV - HACER: Revista de Investigación y Cultura, 7*(2), 25-34.

Maurad Carrion, B. A. (2019). *Evaluación de impactos ambientales del botadero municipal del cantón Arenillas.* Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15022

McLaughlin, M. J., Parker, D. R., & Clarke, J. M. (2000). Metals and micronutrients – food safety issues. *Field Crops Research*, 60(1-2), 143-163.

Mego Rojas, J. M., Pilco Culque, J., Chávez Ortiz, J., Leiva Tafur, D., & Oliva, M. (02 de 12 de 2016). Impacto en la calidad del agua de la quebrada “El Atajo”

ocasionado por el botadero de rondón de la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable, 2*(1), 80-87. doi:10.25127/indes.201401.009.

Mejía, E. (2005). *Metodología de la Investigación Científica.* Lima, Perú: Universidad nacional Mayor de San Marcos.

MINAM. (2019). *Guía para elaborar el plan distrital de manejo de residuos.* Lima, Perú. Obtenido de www.minam.gob.pe

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire D.S. N° 010-2019-MINAM.* Lima: Editora Perú.

Obiri-Nyarko, F., Duah, A. A., Karikari, A. Y., Donkor, A., & Buamah, R. (2021). Heavy metal contamination of soils around a landfill and its potential human health risks: A case study from Ghana. *Environmental Science and Pollution Research*.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134

Palma, J. G. (2021). *EFECTO DE LA APLICACION DE MICROORGANISMOS EFICACES EN SUELOS CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS EN EL BOTADERO MUNICIPAL.* PUCALLPA.

Reátegui, W. (2018). ¿Cómo evaluar un proyecto sostenible? *Diploma Internacional en Desarrollo Sostenible de ESAN.* Lima: Conexión Esan. Obtenido de https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-evaluar-un-proyecto-sostenible

Ríos Osorio, L., Cruz Barreiro, I., & Welsh Rodriguez, C. (2013). The concept of sustainable development from an ecosystem perspective: history, evolution, and epistemology. *Ecological Dimensions for Sustainable Socio Economic Development*, 29-46.

Roca, S. (2018). ¿Cómo evaluar un proyecto sostenible? *Diploma Internacional en Desarrollo Sostenible de ESAN.* Lima: Conexión Esan. Obtenido de https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-evaluar-un-proyecto-sostenible

Rojas Albitres, R. J. (2019). *Impactos del botadero de residuos sólidos de la Ciudad de Guadalupe en la calidad ambiental del área de influencia.* Guadalupe, Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13250

Ropero Portillo, S. (22 de 09 de 2020). Indicadores ambientales: qué son, tipos y ejemplos. *EcologíaVerde*. Obtenido de https://www.ecologiaverde.com

Sakai, M., Yamaguchi, H., & Susuki, K. (2020). Microbial risk assessment in urban solid waste soils: Case study in Japan. *Journal of Hazardous Materials*.

Sánchez Fernández, G. (2009). *Análisis De La Sostenibilidad Agraria Mediante Indicadores Sintéticos : Aplicación Empírica Para Sistemas Agrarios.* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid - España. Obtenido de http://oa.upm.es/5018/.

Smith, L., & Koren, H. (2017). The toxicological impact of carbon monoxide on human health. *Journal of Environmental Health*, 80(1), 14-22.

Smith, J., Brown, L., & White, A. (2021). Impact of Temperature on Volatile Organic Compound Emissions in Waste Management Areas. Journal of Environmental Quality, 50(2), 456-467.

Sociedad Peruana de derecho Ambiental –SPDA. (11 de 2009). *MANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.* Lima, Perú: Lerma Gómez, EIRL. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe

Sun, J., et al. (2016). Organic contamination and remediation in the agricultural soils of China: A critical review. Science of the Total Environment, 571, 30-45.

Tarrillo Potenciano, H. K., & Tenorio Bernilla, M. B. (2019). *Impacto ambiental del botadero de la ciudad de Ferreñafe.* Lambayeque, Perú: Universidad de Lambayeque. Obtenido de https://repositorio.udl.edu.pe/jspui/handle/UDL/257

Ticona Carrizales, L., & Apaza Panca, C. M. (2018). Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani – Puno. *Ñawparisun – Revista de Investigación Científica de Ingenierías*.

Ticona Carrizales, L., & Apaza Panca, C. M. (16 de 07 de 2020). Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani – Puno. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica, 2*(4). Obtenido de http://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/104

Trujillo Allan, J. K. (2016). *Análisis del impacto ambiental del botadero de basura en los habitantes del cantón Quevedo en el sector la Baldramina año 2016.* Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil - Facultad de Comunicación Social . Obtenido de from: http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12322

Universidad Pontificia Bolivariana. (24 de 10 de 2018). Manejo de residuos sólidos. *UPB*. Obtenido de https://www.upb.edu.co/es/seguridad-salud-trabajo/manejo-adecuado-de-residuos-solidos

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2018). National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Retrieved from https://www.epa.gov/naaqs

Vicepresidencia de España. (2022). *Análisis Medioambientalicono.* Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid (España). Obtenido de https://www.miteco.gob.es/gl/calidad-y-evaluacion-ambiental

Zhang, X., Li, Y., & Wang, J. (2019). Urban air quality and health effects: A study on the variability of air pollutants. *Environmental Pollution*, 246, 959-968.

Zhou, P., Zeng, D., Wang, X., Tai, L., Zhou, W., Zhuoma, Q., & Lin, F. (2022). Pollution levels and risk assessment of heavy metals in the soil of a landfill site: A case study in Lhasa, Tibet. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:https://doi.org/10.3390/ijerph191710704

ANEXOS

Anexo 1. *Características de los gases en el aire del botadero municipal en (ug/m3) y (ppm).*

CO (ug/m3)	CO ppm	H2S (ug/m3)	H2S ppm	NO2 (ug/m3)	NO2 ppm	SO2 (ug/m3)	SO2 ppm
3216.008	3.216008	32.86	0.03286	41.079	0.041079	14.776	0.014776
2913.817	2.913817	32.795	0.032795	40.934	0.040934	14.74	0.01474
2948.156	2.948156	33.112	0.033112	40.942	0.040942	14.804	0.014804
3328.739	3.328739	33.769	0.033769	41.315	0.041315	14.963	0.014963
3013.356	3.013356	33.609	0.033609	41.359	0.041359	14.88	0.01488
3070.546	3.070546	33.617	0.033617	41.361	0.041361	14.883	0.014883
3031.959	3.031959	33.632	0.033632	41.422	0.041422	14.863	0.014863
3285.234	3.285234	31.39	0.03139	38.676	0.038676	14.747	0.014747
3076.919	3.076919	25.681	0.025681	30.591	0.030591	13.998	0.013998
3100.754	3.100754	20.019	0.020019	22.893	0.022893	13.587	0.013587
2865.365	2.865365	15.273	0.015273	8.331	0.008331	8.587	0.008587
2844.111	2.844111	17.068	0.017068	6.842	0.006842	5.823	0.005823
3100.524	3.100524	20.456	0.020456	11.38	0.01138	5.262	0.005262
2999.135	2.999135	22.209	0.022209	13.99	0.01399	4.642	0.004642
2858.795	2.858795	21.724	0.021724	12.408	0.012408	2.355	0.002355
2890.388	2.890388	23.235	0.023235	13.031	0.013031	1.919	0.001919
3823.231	3.823231	28.387	0.028387	38.193	0.038193	14.602	0.014602
3606.292	3.606292	27.707	0.027707	38.004	0.038004	14.997	0.014997
3289.879	3.289879	29.317	0.029317	38.573	0.038573	14.859	0.014859
3217.32	3.21732	29.826	0.029826	38.898	0.038898	14.688	0.014688
3081.114	3.081114	30.508	0.030508	39.169	0.039169	14.627	0.014627
3340.249	3.340249	31.3	0.0313	39.592	0.039592	14.759	0.014759
3398.278	3.398278	31.979	0.031979	39.865	0.039865	14.804	0.014804
3068.282	3.068282	32.365	0.032365	40.191	0.040191	14.808	0.014808
2850.189	2.850189	32.513	0.032513	40.666	0.040666	14.748	0.014748
2839.548	2.839548	32.795	0.032795	40.863	0.040863	14.765	0.014765
2946.707	2.946707	33.15	0.03315	41.095	0.041095	14.846	0.014846
3215.864	3.215864	32.842	0.032842	40.515	0.040515	14.854	0.014854
3814.893	3.814893	30.601	0.030601	36.905	0.036905	14.812	0.014812
3526.344	3.526344	22.314	0.022314	23.717	0.023717	13.99	0.01399
3147.117	3.147117	18.622	0.018622	12.029	0.012029	11.434	0.011434
2957.278	2.957278	17.547	0.017547	7.67	0.00767	7.306	0.007306
2785.335	2.785335	21.115	0.021115	14.86	0.01486	7.572	0.007572
2915.529	2.915529	22.206	0.022206	13.001	0.013001	5.427	0.005427
3038.241	3.038241	22.794	0.022794	11.888	0.011888	3.409	0.003409
2860.461	2.860461	22.416	0.022416	10.678	0.010678		
2754.558	2.754558	20.908	0.020908	6.99	0.00699		
2812.861	2.812861	23.788	0.023788	9.249	0.009249		
3108.967	3.108967	28.851	0.028851	19.967	0.019967	3.041	0.003041
3388.431	3.388431	29.713	0.029713	27.484	0.027484	6.787	0.006787
4239.869	4.239869	30.274	0.030274	33.252	0.033252	9.846	0.009846

4295.239	4.295239	29.666	0.029666	33.062	0.033062	11.187	0.011187
4146.991	4.146991	28.596	0.028596	33.769	0.033769	12.544	0.012544
4514.833	4.514833	28.89	0.02889	35.061	0.035061	13.933	0.013933
4120.928	4.120928	28.762	0.028762	35.865	0.035865	14.894	0.014894
4074.175	4.074175	29.297	0.029297	35.245	0.035245	14.873	0.014873
3955.579	3.955579	30.737	0.030737	36.633	0.036633	14.941	0.014941
4202.83	4.20283	31.134	0.031134	36.449	0.036449	15.087	0.015087
4207.218	4.207218	31.45	0.03145	36.85	0.03685	15.051	0.015051
3935.87	3.93587	32.232	0.032232	37.446	0.037446	15.055	0.015055
2855.478	2.855478	31.756	0.031756	38.536	0.038536	14.773	0.014773
2916.221	2.916221	32.04	0.03204	39.114	0.039114	14.721	0.014721
3135.001	3.135001	28.479	0.028479	34.007	0.034007	14.394	0.014394
2934.387	2.934387	22.6	0.0226	24.131	0.024131	13.468	0.013468
2753.341	2.753341	20.54	0.02054	17.421	0.017421	10.948	0.010948
2633.847	2.633847	20.229	0.020229	10.647	0.010647	7.742	0.007742
2708.189	2.708189	22.18	0.02218	9.88	0.00988	5.859	0.005859
2944.173	2.944173	24.444	0.024444	10.861	0.010861	4.581	0.004581
2865.321	2.865321	23.611	0.023611	8.61	0.00861	2.004	0.002004
2851.68	2.85168	24.413	0.024413	9.882	0.009882		
2878.401	2.878401	25.767	0.025767	10.647	0.010647		
2937.717	2.937717	27.054	0.027054	12.818	0.012818		
3077.089	3.077089	27.418	0.027418	16.196	0.016196	1.287	0.001287
3585.838	3.585838	30.153	0.030153	26.115	0.026115	6.428	0.006428
4414.733	4.414733	31.337	0.031337	32.107	0.032107	9.552	0.009552
4638.849	4.638849	30.903	0.030903	32.627	0.032627	10.89	0.01089
4013.369	4.013369	29.297	0.029297	31.629	0.031629	11.169	0.011169
3507.178	3.507178	28.724	0.028724	32.476	0.032476	12.189	0.012189
3058.828	3.058828	27.535	0.027535	33.317	0.033317	13.255	0.013255

Anexo 2. *Resultados de análisis de suelos del botadero Municipal Coronel Portillo.*

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA — Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

ANALISIS DE SUELOS

1. DATOS

SOLICITANTE:	FRANK KLEIDER GOMEZ BAMBINO	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE 6/12/2023
DEPARTAMENTO:	UCAYALI	FECHA DE RECEPCION:	13/12/2023
PROVINCIA:	CORONEL PORTILLO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	13/12/2023
DISTRITO:	CAMPOVERDE	FECHA DE REPORTE:	18/12/2023
SECTOR:	C.F.B. KM 22	RECIBO O FACTURA:	30970
PROPIETARIO:	---	OBSERVACION	----

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				pH	CE	M.O.	N	C	Cd	Pb	Fe	P	K_2O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidos Cambiables	Saturación de Aluminio
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural						total			disponible			CAMBIABLES Cmol(+)/kg									
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm									%	%	%
1	S1744-1	M1	25.65	50.83	23.52	Arcilloso	4.11	0.682	0.921	0.046	0.534	0.017	3.440	351.600	7.443	72.603	----	2.768	0.566	0.165	0.295	4.340	0.660	8.794	43.140	56.860	49.354
2	S1744-2	M2	19.63	54.89	25.48	Arcilloso	3.72	0.790	0.765	0.038	0.443	0.016	1.680	673.600	7.005	100.047	----	3.413	1.007	0.396	0.244	3.370	0.630	9.059	55.846	44.154	37.199
3	S1744-3	M3	25.53	54.97	19.50	Arcilloso	4.26	0.243	0.745	0.037	0.432	0.019	3.520	87.700	7.374	36.845	----	1.615	1.679	0.060	0.257	3.550	0.550	7.711	46.826	53.174	46.041
4	S1744-4	M4	29.55	50.81	19.64	Arcilloso	7.16	3.070	1.215	0.061	0.705	0.018	6.800	694.000	7.834	162.466	5.061	3.301	0.506	0.912	0.343	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Analisis de Suelos, Agua y Ecotoxicologia

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE AGRONOMIA Laboratorio de Análisis de Suelos Tingo María

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Anexo 3. *Métodos analíticos para la interpretación.*

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA — Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

METODOS ANALÍTICOS

01. pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
02. C.E: Conductimetro – Extracto Acuoso
03. Materia orgánica: Método de Walkey y Black
04. Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
05. Fosforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de $NHCO_3$ 0.5M, pH 8.5
06. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0
07. Capacidad de intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0
    Ca Mg K Na : Absorción atomica
08. C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 6.5)
    Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
09. Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Metodo de la Probeta
10. Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Metodo de la Probeta
11. Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso: Método Melich III – EAA
12. Determinación del Boro: Método de la Azometina – H
13. Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA – EAA
14. Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 – EAA
15. Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
16. Determinación colorimétrica de molibdeno

INTERPRETACIÓN DEL pH

Según Scheffer y Schachtschabel	pH en KCl	UNALM	pH en agua
Extremadamente ácido	< 4.0	Fuertemente acido	< 5.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Moderadamente acido	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Ligeramente acido	6.1 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Neutro	7.0
Neutro	7.0	Ligeramente alcalino	7.2 - 7.8
Ligeramente alcalino	7.1 - 8.0	Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Mediana alcalino	8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino	> 8.5
Fuertemente alcalino	9.1 - 10		
Extremadamente alcalino	> 10		

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K_2O/ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240

Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)
Bajo	< 1
Medio	1-5
Alto	5-15
Muy alto	> 15

Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2-4
Alto	> 4

Interpretación de Nitrógeno Total	Rango (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

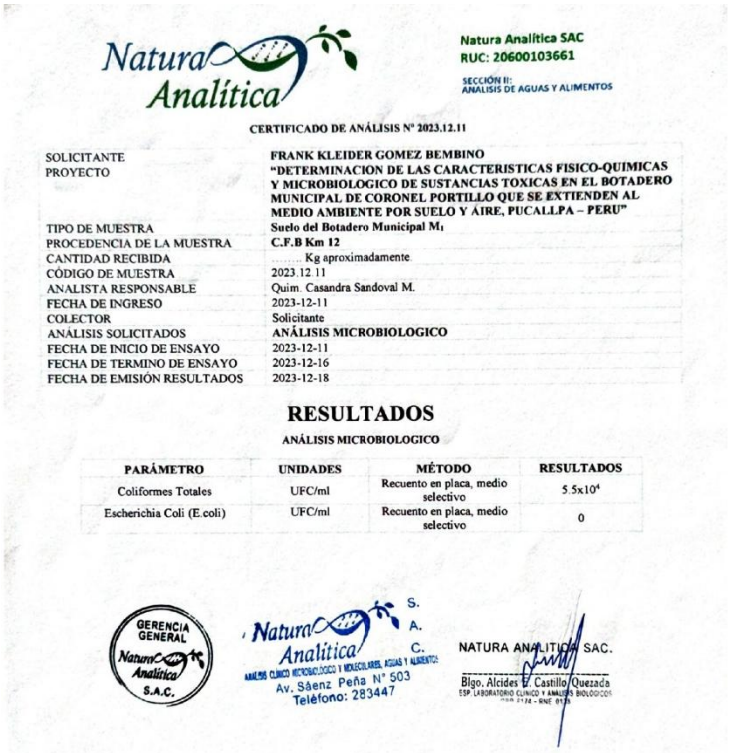
Interpretación de Fósforo Disponible	Rango (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7-14
Alto	> 14



GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Anexo 4. *Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 1.*



Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661
SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 2023.12.11

SOLICITANTE	FRANK KLEIDER GOMEZ BEMBINO
PROYECTO	"DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE CORONEL PORTILLO QUE SE EXTIENDEN AL MEDIO AMBIENTE POR SUELO Y AIRE, PUCALLPA – PERU"
TIPO DE MUESTRA	Suelo del Botadero Municipal M_1
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	C.F.B Km 12
CANTIDAD RECIBIDA	..... Kg aproximadamente.
CÓDIGO DE MUESTRA	2023.12.11
ANALISTA RESPONSABLE	Quim. Casandra Sandoval M.
FECHA DE INGRESO	2023-12-11
COLECTOR	Solicitante
ANÁLISIS SOLICITADOS	ANÁLISIS MICROBIOLOGICO
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	2023-12-11
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	2023-12-16
FECHA DE EMISIÓN RESULTADOS	2023-12-18

RESULTADOS

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS
Coliformes Totales	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	$5.5x10^4$
Escherichia Coli (E.coli)	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	0

GERENCIA GENERAL Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S. A. C. ANALISIS CLINICO MICROBIOLOGICO Y MOLECULARES, AGUAS Y ALIMENTOS
Av. Sáenz Peña N° 503
Teléfono: 283447

NATURA ANALITICA SAC.
Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
ESP. LABORATORIO CLINICO Y ANALISIS BIOLOGICOS

Anexo 5. *Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 2.*



Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661
SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 2023.12.12

SOLICITANTE	FRANK GOMEZ BEMBINO
PROYECTO	"DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE CORONEL PORTILLO QUE SE EXTIENDEN AL MEDIO AMBIENTE POR SUELO Y AIRE, PUCALLPA – PERU"
TIPO DE MUESTRA	Suelo del Botadero Municipal M_2
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	C.F.B Km 12
CANTIDAD RECIBIDA	..... Kg aproximadamente.
CÓDIGO DE MUESTRA	2023.12.12
ANALISTA RESPONSABLE	Quim. Casandra Sandoval M.
FECHA DE INGRESO	2023-12-11
COLECTOR	Solicitante
ANÁLISIS SOLICITADOS	ANÁLISIS MICROBIOLOGICO
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	2023-12-11
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	2023-12-16
FECHA DE EMISIÓN RESULTADOS	2023-12-18

RESULTADOS

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS
Coliformes Totales	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	0
Escherichia Coli (E.coli)	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	0

GERENCIA GENERAL Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S. A. C. ANALISIS CLINICO MICROBIOLOGICO Y MOLECULARES, AGUAS Y ALIMENTOS
Av. Sáenz Peña N° 503
Teléfono: 283447

NATURA ANALITICA SAC.
Blgo. Alcides E. Castillo Quezada

Anexo 6. *Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 3.*



Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661
SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 2023.12.13

SOLICITANTE	FRANK GOMEZ BEMBINO
PROYECTO	"DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE CORONEL PORTILLO QUE SE EXTIENDEN AL MEDIO AMBIENTE POR SUELO Y AIRE, PUCALLPA – PERU"
TIPO DE MUESTRA	Suelo del Botadero Municipal M3
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	C.F.B Km 12
CANTIDAD RECIBIDA	..... Kg aproximadamente.
CÓDIGO DE MUESTRA	2023.12.13
ANALISTA RESPONSABLE	Quim. Casandra Sandoval M.
FECHA DE INGRESO	2023-12-11
COLECTOR	Solicitante
ANALISIS SOLICITADOS	ANÁLISIS MICROBIOLOGICO
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	2023-12-11
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	2023-12-16
FECHA DE EMISIÓN RESULTADOS	2023-12-18

RESULTADOS

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

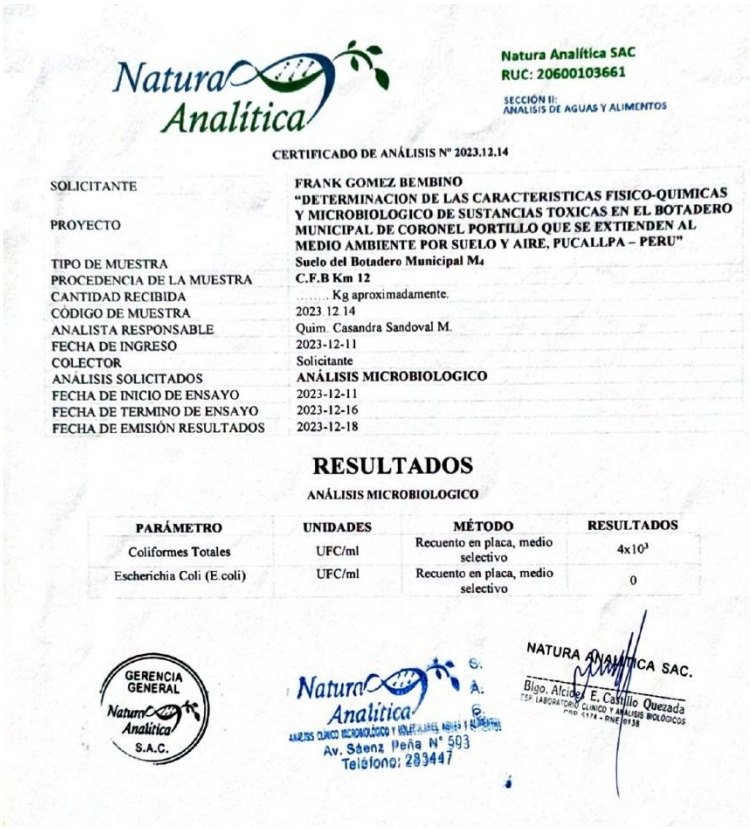
PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS
Coliformes Totales	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	$1.2x10^3$
Escherichia Coli (E.coli)	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	0

GERENCIA GENERAL Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S. A. C. ANALISIS CLINICO MICROBIOLOGICO Y MOLECULARES, AGUAS Y ALIMENTOS Av. Sáenz Peña N° 503 Teléfono: 283447

NATURA ANALITICA SAC.
Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
CBP. LABORATORIO CLINICO Y ANALISIS BIOLOGICOS

Anexo 7. *Análisis microbiológico de coliformes totales muestra N° 4.*



Natura Analítica

Natura Analítica SAC
RUC: 20600103661
SECCIÓN II:
ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 2023.12.14

SOLICITANTE	FRANK GOMEZ BEMBINO
PROYECTO	"DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE CORONEL PORTILLO QUE SE EXTIENDEN AL MEDIO AMBIENTE POR SUELO Y AIRE, PUCALLPA – PERU"
TIPO DE MUESTRA	Suelo del Botadero Municipal M4
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	C.F.B Km 12
CANTIDAD RECIBIDA	..... Kg aproximadamente.
CÓDIGO DE MUESTRA	2023.12.14
ANALISTA RESPONSABLE	Quim. Casandra Sandoval M.
FECHA DE INGRESO	2023-12-11
COLECTOR	Solicitante
ANÁLISIS SOLICITADOS	ANÁLISIS MICROBIOLOGICO
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	2023-12-11
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	2023-12-16
FECHA DE EMISIÓN RESULTADOS	2023-12-18

RESULTADOS

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS
Coliformes Totales	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	$4x10^3$
Escherichia Coli (E.coli)	UFC/ml	Recuento en placa, medio selectivo	0

GERENCIA GENERAL Natura Analítica S.A.C.

Natura Analítica S. A. C. ANALISIS CLINICO MICROBIOLOGICO Y MOLECULARES, AGUAS Y ALIMENTOS Av. Sáenz Peña N° 503 Teléfono: 283447

NATURA ANALITICA SAC.
Blgo. Alcides E. Castillo Quezada
CBP. LABORATORIO CLINICO Y ANALISIS BIOLOGICOS

ESTACIONES DE MONITOREO

- ESTACIÓN B_1
- Coordenadas: mE 531700 mN 9065741

Anexo 8. *Monitoreo de la calidad del aire.*



Anexo 9. *Equipo para evaluar la calidad del aire.*



- ESTACIÓN B_2
- Coordenadas: mE 531730 mN 9065992

Anexo 10. *Tomando datos del monitoreo.*



Anexo 11. *Equipo instalado según la dirección del viento.*



TOMAS DE MUESTRAS

Número de muestras 8 :

- Coordenadas: **531710 mEn** **9065731 mN**

Anexo 12. *Toma de muestra de suelo para su análisis, área M1.*



Anexo 13. *Toma de muestra de suelo para su análisis.*



Anexo 14. *Toma de muestra de suelo para su análisis, área M1 en otro punto.*



Área para la toma de muestra M_2

Numero de muestras 8

- Coordenadas: **531733 mE 9065613 mN**

Anexo 15. *Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 2, M2.*



Anexo 16. *Toma de muestra de suelo para su análisis área M2.*



Anexo 17. *Toma de muestra de suelo para su análisis.*



Área para la toma de muestra M_3

Numero de muestras 8

- Coordenadas: **531858 mE** **9065510 mN**

Anexo 18. *Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 3, M3.*



Anexo 19. *Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 3.*



Anexo 20. *Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 3. Diferente punto.*



Área para la toma de muestra M_4

Numero de muestras 8

- Coordenadas: **531678 mE** **9065795 mN**

Anexo 21. *Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 4.*



Anexo 22. *Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 4. Muestra en diferentes puntos.*



Anexo 23. *Toma de muestra de suelo para su análisis en el área 4.*

