

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO Y GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN EL BOTADERO EL MILAGRO - TRUJILLO 2023

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Geóloga

Autor:

Mariajose de los Angeles Jara Bravo

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Rafael Napoleón Ocas Boñón
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	Kevin Eduardo Malca Lopez
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	Miguel Ricardo Portilla Castañeda
	Nombre y Apellidos



17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo con profundo cariño y gratitud a nuestros queridos hermanos, quienes siempre han sido nuestra fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este camino académico.

A nuestros padres, quienes nos brindaron las bases de nuestra educación y valores desde el principio. Su dedicación y sacrificio para proporcionarnos oportunidades educativas no conocen límites, y este logro es un reflejo de su amor y apoyo constante. Sin ustedes, esto no sería posible.

A nuestras amistades, quienes nos han acompañado a lo largo de este recorrido con su amistad, ánimo y comprensión.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quién nos dio fortaleza para seguir y compañía para terminar este trabajo.

A nuestros familiares, quienes nos acompañaron durante todo este proceso.

A nuestros profesores y directores de carrera que, con sus sabios consejos, nos permitieron
culminar satisfactoriamente este trabajo.

ÍNDICE

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Formulación del problema.....	25
1.2. Objetivos.....	25
1.2.1. Objetivo general	25
1.2.2. Objetivos específicos.....	25
1.3. Hipótesis.....	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	27
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	32
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PUNTOS DE MUESTREO	28
TABLA 2. ASPECTO FÍSICO DEL SUELO.....	32
TABLA 3. ANÁLISIS DE MUESTRA M-01	33
TABLA 4. ANÁLISIS DE MUESTRA M-02	34
TABLA 5. ANÁLISIS DE MUESTRA M-03	34
TABLA 6. ANÁLISIS DE MUESTRA M-04	35
TABLA 7. ANÁLISIS DE MUESTRA M-05	35
TABLA 8. PROMEDIO DE VALORES DE CONCENTRACIÓN DE DETERMINADOS METALES PESADOS DE CADA MUESTRA	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. ASPECTO FÍSICO DEL SUELO	32
GRÁFICO 2. ASPECTO FÍSICO DEL SUELO (PORCENTAJE).....	33
GRÁFICO 3. COMPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS CON LOS ECAS	36

RESUMEN

El presente trabajo determina el grado de contaminación del suelo en el botadero “El Milagro” mediante métodos geoquímicos. Para este estudio se hizo referencia a investigaciones previas sobre vertederos en varios lugares. En este trabajo se emplearon instrumentos de muestreo para evaluar cómo el ambiente cercano se ve afectados por la eliminación de basura.

Para este trabajo cumplimos nuestros objetivos, en un inicio categorizando el suelo, predecir cantidades de desechos, medir la calidad del suelo, verificar estándares ambientales y caracterizar el suelo físicamente, para al final recomendar medidas para aliviar cualquier impacto negativo.

La hipótesis plantea que la calidad del suelo se ve fuertemente afectada por la disposición de residuos sólidos en "El Milagro". Se planificó usar métodos geoquímicos, evaluando niveles de contaminación y analizando suelo en cinco lugares clave, con especial atención a plomo y arsénico respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Los análisis confirmaron que las concentraciones en ubicaciones GPS estaban dentro de la ECA, aunque la contaminación es evidente para la población cercana. Estos datos respaldarán decisiones de mitigación y remediación para proteger la calidad ambiental.

El trabajo contribuye al entendimiento de la contaminación en vertederos, proporcionando datos sólidos para decisiones que aborden y mitiguen los impactos negativos.

PALABRAS CLAVES: Botadero, contaminación, suelos, geoquímica.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ambiente presenta desafíos urgentes y preocupantes en su cuidado para nuestro planeta. El aumento de la actividad industrial, el consumo desmedido y la falta de conciencia ambiental han llevado a niveles peligrosos donde se está contaminando distintos puntos en el medio ambiente, tales como el aire, el agua y el suelo, provocando muchos problemas. Esto ha generado consecuencias devastadoras para la salud humana, el ambiente y su equilibrio (ONU, 2022). De acuerdo con el reportaje hecho en CNN por Ramírez, 2023: “Solamente trece países y otros lugares del mundo han tenido una buena calidad del aire, ya que la contaminación atmosférica alcanzó niveles alarmantes el año pasado”. No solo lo que se encuentra en la superficie de la tierra está vulnerable a la contaminación que hay hoy en día, también lo está el subsuelo y las estructuras que lo componen, por ejemplo; un estudio realizado en la India encontró altos niveles de contaminación en el agua subterránea y en el suelo cerca de los vertederos de residuos sólidos, lo que a largo plazo puede tener consecuencias graves para los ecosistemas y la salud humana (Singh et al., 2018). Es por ello, que debe ser fundamental tomar medidas urgentes a nivel global, implementando políticas ambientales más rigurosas, promoviendo energías renovables, gestionando adecuadamente los residuos y fomentando la educación ambiental. Solo a través de un esfuerzo conjunto y comprometidos podremos revertir el daño causado y trabajar hacia un futuro más limpio y sostenible.

El ODS N°6 abarca los suelos y agua subterránea, este objetivo se enmarca dentro o del ODS N°6 de la Agenda 2030 de la ONU, que pone en alto una situación que requiere atención urgente. Este objetivo (ODS), titulado "Agua limpia y saneamiento", nos invita a reflexionar sobre la imperante necesidad de abordar el cuidado que deben tener recursos

hídricos. Es esencial reconocer que la contaminación química y la carga de nutrientes amenazan no solo la calidad del agua que bebemos, sino también el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y terrestres. A través del ODS 6, se busca implementar medidas concretas para reducir la contaminación, promover la gestión adecuada de los desechos y fomentar la protección de los ecosistemas clave para prevenir la degradación de los suelos y evitar la contaminación de los valiosos acuíferos subterráneos. Con un llamado a la acción global, el ODS 6 nos insta a unir esfuerzos para garantizar un futuro en el que todos podamos gozar de limpia agua y preservar la salud y sostenibilidad de nuestros recursos naturales. (ONU, 2022)

En Guayaquil, Ecuador, los suelos y aguas subterráneas se ven vulnerables debido a la presencia de un botadero clandestino de aparentes desechos hospitalarios en la cooperativa Janeth Toral, en el norte de Guayaquil. Esta situación representa un peligro para la salud de los residentes cercanos. Se menciona que los residuos hospitalarios contienen sustancias corrosivas, tóxicas, venenosas e infecciosas, lo que supone un peligro para el equilibrio ecológico y la salud humana. Tanto el Municipio como el Ministerio de Ambiente corroboran que las fundas rojas encontradas en el basurero son utilizadas para desechar residuos peligrosos de los hospitales. Se resalta la importancia de tomar medidas adecuadas para la disposición de estos desechos, evitando su presencia en áreas no autorizadas y protegiendo nuestra salud y el ambiente. Además, se destaca el peligro de contaminación del agua, especialmente durante la temporada de lluvias, donde los lixiviados provenientes de los desechos pueden ingresar al suelo y afectar la capa freática y los cuerpos de agua. Las autoridades deben investigar y castigar a los causantes de esta situación alarmante, ya que se sospecha la existencia de una mafia relacionada con estos hechos ilícitos. (Zambrano, 2021)

En Mallorca, España, los suelos y aguas subterráneas hicieron noticia debido a la elevada concentración de once metales pesados por consecuencia del botadero de Son Reus. Según un informe del Instituto Geológico y Minero de España, durante cinco años (2015-2019), se realizó un análisis en 36 pozos ubicados en los 55 kilómetros cuadrados del acuífero, revelando concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, bario, cobre, entre otros, por encima de los límites legales. La contaminación se produce a la filtración de las aguas pluviales que arrastran componentes tóxicos de los restos acumulados por más de treinta años en el botadero. El informe destaca la presencia constante o puntual de estos metales, que varían según la proximidad al vertedero. Además, se mencionó que la contaminación se acentúa después de períodos de lluvia. El estudio establece tres zonas con diferentes grados de contaminación, siendo la zona directamente debajo del vertedero la de mayor contaminación. Los científicos y técnicos involucrados en el informe advirtieron sobre los riesgos de los lixiviados y su impacto en el acuífero. (Palma, 2021)

Investigaciones en Alemania nos advierten que los microplásticos pueden generar un impacto negativo a largo plazo en los sedimentos y en el agua dulce. Los expertos declaran que la cantidad de contaminación en la parte terrestre es cuatro o veintitrés veces mayor que la contaminación oceánica. La causa principal de esto es porque muchos plásticos terminan en vertederos, donde se puede demorar unos miles de años en descomponerse y liberar sustancias tóxicas para el medio ambiente. Es por ello que, aunque la amenaza de contaminación en los océanos va en aumento y genera preocupación, la contaminación por plásticos en la superficie terrestre es una amenaza mucho mayor de lo que se pensaba, lo que afectaría la salud de las personas. Se seguirán haciendo más estudios en este campo, pero algo concluyente es que los resultados hasta ahora son preocupantes, ya que se estima que

un tercio de todos los residuos plásticos termina en los suelos o en el agua dulce y, por ende, cuando se desintegran en partículas microscópicas están entrenado en la cadena alimenticia. (ONU, 2021)

En Perú, los suelos y aguas subterráneas están en constante vulnerabilidad en los vertederos ya que a menudo no tienen un buen manejo, además de la poca conciencia de las autoridades y personas en cuidar su ambiente. Un ejemplo de esto se hizo notar en el balneario de Asia, ubicado en el distrito de Cañete en Lima, donde los lugareños expresaron su preocupación por la existencia de un gran vertedero de basura cerca del kilómetro 106 de la carretera Panamericana Sur. El botadero atrae una variedad de insectos y emana un olor desagradable. Los residentes afirmaron que los trabajadores municipales queman toneladas de residuos para deshacerse de ellos, lo que genera gases tóxicos. Además, esta situación afecta negativamente a la comunidad campesina, ya que contamina las aguas subterráneas utilizadas para el riego. Perú21 hizo intento de contactar a los representantes del municipio, pero no recibieron respuesta. (Takeuchi, 2018)

En Perú, el control y la supervisión de los suelos y agua subterránea son responsabilidades ejercidas por diferentes entidades. El Ministerio del Ambiente (MINAM) desempeña un papel fundamental a través de su Dirección General de Calidad Ambiental, la cual establece normas y regulaciones para proteger y conservar el ambiente. Esta dirección se encarga de monitorear la calidad del agua y del suelo, así como de implementar acciones para prevenir y controlar la contaminación. (MINAM, 2017) Además, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental está encargado de la fiscalización y la supervisión para que se cumplan las normas ambientales en el país, incluyendo aquellas relacionadas con la contaminación en el ambiente. Ambas entidades trabajan en conjunto para garantizar una

maravillosa gestión y control de la calidad del ambiente a favor de la población y el ecosistema. (OEFA, 2022). Además, la Autoridad Nacional del Agua también desempeña un rol importante en la gestión del agua en el país, incluyendo la protección de estos recursos subterráneos y su calidad. (ANA, 2021)

La región La Libertad comprende una de las zonas que genera más desperdicios sólidos a nivel país, sin ningún control de deposición. Específicamente en el botadero de EL Milagro reciben un total de 720 toneladas de desperdicios al día, habiéndose acumulado de distintas partes de la ciudad de Trujillo. (OEFA, 2015).

En un botadero de Mollebamba, Huancavelica los desperdicios se pueden acumular en montículos de más de 15 metros, en donde se pueden encontrar metales como plomo, arsénico, cadmio, mercurio, etc. en distintas proporciones; y estos pueden infiltrarse en los suelos (incluso en las aguas subterráneas y superficiales) y producir cierto nivel de contaminación. (Chávez, N., et al., 2023)

En general, estos estudios resaltan los impactos negativos (algunos positivos) causados por los rellenos sanitarios y la disposición inadecuada de residuos sólidos municipales. Estos contaminantes, como los lixiviados, tienen consecuencias significativas en la calidad del suelo, desapareciendo y contaminando tanto a las aguas subterráneas como a las superficiales que son utilizadas como fuente de consumo para la población y los animales. Los desequilibrios físicos y químicos resultantes de esta contaminación pueden superar los estándares establecidos haciendo que haya una urgencia de implementar estrategias efectivas de control y gestión de residuos para minimizar los efectos perjudiciales de la contaminación en el suelo y aguas subterráneas. La protección y conservación de estos ambientes son esenciales para garantizar la salud y el bienestar de las comunidades y el medio

ambiente en general, por lo que también es útil evaluar el grado de contaminación de otros rellenos sanitarios para que se tenga una idea de la envergadura del problema. (Chucos, A., 2022)

El suelo y el agua subterránea se enfrentan a diversos problemas que afectan su calidad y disponibilidad. Uno de los desafíos principales es la contaminación. Tanto el suelo como el agua subterránea están expuestos a una amplia gama de contaminantes, como productos químicos industriales, pesticidas, fertilizantes, residuos sólidos y aguas residuales sin tratar. Esta contaminación puede generar consecuencias graves para la salud humana y los ecosistemas, ya que los contaminantes pueden filtrarse en las capas subterráneas y persistir durante largos períodos de tiempo. (Food And Agriculture Organization (FAO), 2019)

Las causas de estos problemas son variadas y complejas. La contaminación del suelo se produce por la introducción en él, de sustancias químicas u otro material que se encuentra fuera de lugar y presente en concentraciones mayores a las naturales, lo cual implica pérdida de capacidad para su uso y amenazas para la salud. La actividad humana cumple un papel importante en la contaminación del suelo y en el agua subterránea. El uso intensivo de productos químicos agrícolas, la disposición inadecuada de residuos industriales y domésticos, así como las fugas de tanques de almacenamiento subterráneos, son algunas de las fuentes principales de contaminación. Además, la urbanización y la expansión de infraestructuras también contribuyen a la degradación del suelo y la infiltración de contaminantes en el agua subterránea. El cambio climático también puede desempeñar un papel, ya que puede alterar los patrones de precipitación y provocar inundaciones, lo que a

su vez puede transportar contaminantes hacia el suelo y el agua subterránea. (Food And Agriculture Organization (FAO), 2019)

Por lo tanto, es fundamental abordar estas causas desde una perspectiva integral y sostenible. En primer lugar, se quieren más estudios y análisis de las áreas relacionadas a suelos y aguas subterráneas. Por otro lado, se requiere una gestión adecuada de los desechos industriales y domésticos, así como la promoción de prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan el uso de productos químicos y promuevan la conservación del suelo. También, es importante generar una concientización ambiental e incluir en la educación temas sobre la importancia de proteger nuestros recursos naturales. Además, se deben implementar políticas y regulaciones ambientales estrictas para evitar la contaminación y promover la recuperación y restauración de áreas afectadas. Solo a través de un enfoque multidisciplinario y colaborativo podremos preservar la calidad del agua subterránea y el suelo para las generaciones futuras, todo esto mediante un enfoque positivo para la gestión del agua. (Escuela Nacional de Administración Pública, 2021)

Es crucial llevar a cabo investigaciones exhaustivas sobre el impacto de la contaminación en las aguas subterráneas y los suelos debido a las numerosas consecuencias negativas que esto puede acarrear. Estos recursos son importantes para la vida en la Tierra, ya que el suelo es base fundamental para la generación de alimentos y el agua subterránea es una fuente de vital importancia para abastecimiento hídrico. Comprender el grado de contaminación y sus efectos es esencial para evaluar los peligros para la salud humana, así como para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Además, la investigación proporciona información valiosa para desarrollar estrategias de mitigación y remediación

efectivas, así como para implementar políticas y regulaciones ambientales adecuadas. (Food And Agriculture Organization (FAO), 2019)

A continuación, se presentarán los antecedentes o trabajos previos tanto nacionales como internacionales, donde se respeta la similitud de los objetivos y donde se subraya la importancia de los estudios de contaminación de los suelos y resaltan cómo un mal uso de los mismos puede generar consecuencias irreversibles en las comunidades aledañas y en nuestro ecosistema terrestre.

García, Prieto & Herrera (2020), en su artículo científico, tuvo el objetivo de estudiar la sostenibilidad de un relleno sanitario de la cuenca del río Tunjuelo, Utilizando la Guía Metodológica para la Evaluación de la Huella Hídrica en Cuenca Hidrográfica (IICA) con adaptaciones locales, se llevó a cabo un análisis que incluyó la estimación de la huella hídrica gris y el cálculo del índice de nivel de contaminación del agua (NCA). La estimación de la huella hídrica gris se basó en datos recopilados durante uno meses del año 2016, abarcando caudales y concentraciones de 20 factores contaminantes. Los resultados revelaron una huella hídrica gris de 826,695 m³/mes en el tramo 2 del Tunjuelo. Respecto al NCA, cuyo valor fue inferior a 1, indicando sostenibilidad ambiental, se concluyó que el vertimiento de lixiviados del relleno al río Tunjuelo, durante ese período y con las condiciones registradas, fue ambientalmente sostenible. Por lo que, finalmente, se concluye que esta investigación podrá proporcionar una base para un posterior análisis de la aplicabilidad de distintas tecnologías de determinación.

Fernández, Huanchi & Mullisaca (2022), en su artículo científico, tuvo como objetivo evaluar el nivel de contaminación de suelo por metales pesados por medio del índice de geo acumulación y predecir la influencia que ejerce el pH y materia orgánica en la distribución

de los metales en el suelo. La metodología empieza con la extracción de 4 muestras de suelo recogidas de una zona colindante a la quebrada Paxa, que es el lugar de deposición de los residuos mineros; luego se evaluó la concentración total de Plomo, Bario, Arsénico, Cobre, Cromo, Cadmio, Níquel y Zinc por el método de espectrofotometría de emisión óptica, pH y materia orgánica por potenciometría y colorimetría. Los resultados mostraron índices de geoacumulación para el As, Cd y Pb con nivel en el rango de moderadamente a fuertemente contaminado, mientras que los suelos no resultaron contaminados con Ba, Cr, Cu, Ni y Zn (que corresponde a la clase 0), ello representa un riesgo para el ecosistema Andino, dadas las características ácidas del suelo (de 4.1) y mínimo contenido de materia orgánica (con 0.8%), que promoverán la solubilidad y movilidad de los metales pesados en el suelo.

Ramón, Niño & Ramón (2016), en su artículo científico, tuvo el objetivo de remarcar el camino de movimiento de los diversos contaminantes nacidos en los lixiviados de un relleno y en su área de influencia del sitio de deposición, mediante un estudio sutil y el estudio de los datos obtenidos con sistemas eléctricos. En este trabajo se utilizaron sistemas de información geográfica como es el programa ModelMuse, como son los métodos de sondeos eléctricos, donde se realizó un modelo de mallas en la zona directa de deposición utilizando un perfil geológico. Los resultados de esta modelación final muestran un flujo en dirección E – W en varias de sus capas; por otro lado, el flujo determinado por la recarga de una roca, de la cual su resistividad es muy baja. Finalmente, se identificaron con la ayuda de los distintos métodos zonas con resistividades bajo un límite en conjunto, creadas por los contaminantes, y también se hallaron zonas saturadas por completo que no fueron utilizadas de una buena manera en el sitio de deposición.

Minota & Velasco (2012), en su artículo científico, el cual consistió en tomar muestras del suelo en los cementerios Jardines del Recuerdo e Inmaculada en Bogotá, y en zonas aledañas, para determinar su pH, salinidad y contenido en amonio y nitratos, tuvo el objetivo de analizar preliminarmente la incidencia de los lixiviados en la contaminación del suelo. La metodología consistió en realizar inicialmente 4 visitas a los lugares marcados en el mapa de ubicación de la zona Norte de Bogotá, de donde se tomaron inicialmente dieciséis muestras del suelo, las cuales se identificaron por la campaña y el lugar de donde fueron extraídas para tener un orden cronológico y así poder llevar un análisis que involucrara algunos factores como el clima y la temperatura. Las muestras tomadas en el campo se llevaron posteriormente al laboratorio para los análisis de humedad natural, materia orgánica, conductividad eléctrica, acidez intercambiable, pH, nitrógeno total. En cuanto a los resultados, estos reflejan que el suelo de la zona Norte de la ciudad de Bogotá es muy ácido debido a que es un área acuosa y con un grado elevado de aporte vegetal; la contaminación es muy evidente en los cementerios estudiados en este trabajo, lo cual permite entender que las zonas aledañas a los cementerios están de cierta manera menos afectadas.

Guerrero & Pineda (2016), en su artículo científico, donde se desarrolló un modelo conceptual del riesgo de contaminación físico-químico del suelo en la vereda Rasgatá Bajo, de Tausa (Cundinamarca), tuvo como objetivo el identificar y evaluar la condición de un recurso contaminante de la zona estudiada, en los territorios donde confluyen actividades de extracción y transformación de carbón y arcilla. En el presente trabajo de investigación se siguió un enfoque metodológico mixto que combinó la investigación documental, las observaciones in situ y la medición de características físico-químicas para plantear las fuentes y tipos de contaminantes con riesgo de afectar el suelo aledaño a las faenas mineras y con

impactos toxicológicos para las personas, la fauna y la flora. Por último, se resalta que los datos obtenidos posteriormente aportarán a un rediseño y a una evaluación de los planes de manejo ambiental local.

Florián (2022), en su tesis de pregrado, tuvo el objetivo de determinar el efecto de los residuos del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad de las aguas de un río importante en el distrito de Jesús, 2021. El método de investigación, en este caso, fue deductivo. En este trabajo se utilizaron técnicas como la obtención de muestras, el trabajo de campo y el estudio en laboratorio. Como resultados tenemos que los residuos del relleno sanitario en Cajamarca tienen un efecto en los parámetros inorgánicos (aluminio, bario, arsénico, berilio, entre otros.) y estos parámetros estudiados no cumplen con los estándares de calidad ambiental para agua. Por último, los residuos líquidos de este relleno sanitario generan un efecto negativo en la calidad de las aguas del río estudiado, debido a que este va por zonas aledañas del vertedero y tiene un afluente que está pasando por el mismo relleno, aunque el efecto de este no provoca que los valores de los parámetros de calidad del agua del río superen los límites de detección de los Estándares para agua aprobado el Ministerio (MINAM), por tanto se concluye en este sentido que el impacto no es de carácter importante.

Guerra & Ferradas (2019), en su tesis de pregrado, se constató de la presencia de metales pesados en el suelo del botadero San Idelfonso. Al comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), la mayoría de los metales analizados (Arsénico, Bario, Cadmio, Plomo, Mercurio) no exceden los límites establecidos. Sin embargo, el Cromo VI supera el ECA (0,4 mg/kg), registrando valores entre 5,9 y 11,1 mg/kg. Este exceso se atribuye al manejo inadecuado de residuos que contienen cromo debido a la falta de educación ambiental por parte de las autoridades del distrito Laredo hacia la población.

El pH del suelo se determina como "moderadamente alcalino" con valores entre 7.88 y 8.10, y la conductividad eléctrica se sitúa en un rango "fuertemente alto en sales" con picos de 18.16 dS/m, debido a las grandes cantidades de sales provenientes de productos dispuestos diariamente por la población. Estos hallazgos resaltan la importancia de abordar la gestión de residuos y mejorar la conciencia ambiental.

Saavedra (2021), en su tesis de pregrado, tuvo el objetivo de realizar un estudio de la degeneración de los suelos por un impacto de los residuos en los vertederos. En este trabajo la investigación fue del tipo aplicativo con un enfoque mixto y también fue no experimental con corte longitudinal. Según los resultados, la degradación más significativa fue hídrica, con una representación promedio del 15.55%, mientras que la degradación biológica fue la menos significativa, con un promedio del 4.15%. Los residuos sólidos predominantes fueron domésticos, urbanos y domiciliarios, siendo los residuos de alimentos los más representativos (67,0%). Le siguieron los residuos de cocina (27,16%), papel (22,75%), cartón y vidrio (11,33%), y los residuos de tejidos, representando el 1,2%. Estos resultados subrayan la necesidad de abordar la gestión de residuos, especialmente los relacionados con alimentos, para mitigar la degradación del suelo en vertederos.

Podemos definir al suelo como la capa superficial del planeta compuesto de materiales minerales y orgánicos, agua, aire y organismos vivos. Su origen es un proceso que involucra la interacción de varios factores, como el clima, material original, topografía y el tiempo. (Gardi, 2014)

La composición y características de un suelo en un momento determinado nos brinda el resultado de los sucesos que han deformado la roca original que se encontró en ese lugar. Comprender estos procesos es importante para entender y predecir el comportamiento del

suelo. Tanto agricultores como ingenieros pueden modificar estos procesos mediante la adición de sustancias químicas, sistemas de drenaje, entre otros. El suelo compone la capa más superficial del planeta Tierra. Desde la perspectiva de un agrónomo, el suelo se compone de una mezcla de materiales orgánicos, minerales, aire y agua. (Duque, 2020)

Cuando se produce la contaminación del suelo, ya sea por diversas actividades industriales, por los vertederos de residuos o por los derrames de sustancias químicas, existe el riesgo de que los contaminantes se muevan a través del suelo, se filtren y lleguen a los acuíferos subterráneos. La hidrogeología y los métodos geofísicos nos proporcionan las herramientas y métodos necesarios para comprender cómo los contaminantes se desplazan en el subsuelo, incluyendo la velocidad y la dirección de su transporte, la interacción con los materiales geológicos y la evaluación de los riesgos para las aguas subterráneas. (Iberdrola, 2021)

Un relleno sanitario es un lugar adecuado para la colocación final de desechos, compuesto principalmente por una depresión del suelo, un sistema de recolección de líquidos lixiviados, un sistema de recolección de gases y un cubrir. (UNSA, 2014) En cuanto a la clasificación de los suelos y su uso potencial, así como por su coeficiente de rugosidad, nos demuestra que este tipo de suelos suele ser de los de peor situación ambiental, especialmente los que son suelos para uso de agricultura e industrial.

La contaminación se refiere a la presencia de sustancias o agentes en el medio ambiente que tienen efectos indeseables en los organismos vivos, los ecosistemas y los recursos naturales. Es un proceso mediante el cual se altera la calidad del aire, agua, suelo u otros elementos del entorno, comprometiendo la salud humana, la biodiversidad y el equilibrio del ecosistema. (Fraume, 2014)

La contaminación tiene diversas causas, tanto de origen humano como natural. Las actividades industriales, la agricultura intensiva, la deforestación y el manejo inadecuado de residuos son algunas de ellas. Estas actividades liberan sustancias tóxicas y contaminantes en el aire, el agua y el suelo, deteriorando la calidad ambiental. Además, fenómenos naturales como los incendios forestales también pueden generar contaminantes y contribuir a la contaminación ambiental. (CHUBB, 2022)

Los contaminantes en el suelo tienen una movilidad limitada y los procesos de dilución son prácticamente inexistentes. Solo una pequeña proporción de la contaminación del suelo se elimina a través de mecanismos como el riego, la escorrentía o la lixiviación. Es importante tener en cuenta que el proceso de desarrollo completo de un suelo puede tomar aproximadamente 10.000 años, lo que implica que cuando un suelo se contamina no se puede regenerar solo. (Jiménez, 2022)

Los métodos de prospección geoquímica bien sean para la localización de recursos minerales o energéticos o la de contaminantes químicos originados por procesos antrópicos, y sobre las bases de la geoquímica del paisaje los podemos clasificar en litogeoquímicos, pedogeoquímicos o suelos, hidroggeoquímicos, atmoggeoquímicos y biogeoquímicos. (Geovirtual, 2016)

La investigación se está llevando a cabo para evaluar el impacto que genera el botadero de residuos sólidos El Milagro en los suelos de los alrededores. El propósito principal es comprender la magnitud y las consecuencias de la contaminación del suelo en los rellenos sanitarios, lo que permitirá identificar las fuentes de contaminación, analizar los posibles efectos en el medio ambiente y la salud humana, y evaluar la efectividad de las medidas existentes para mitigar o prevenir dicha contaminación.

Para evaluar el impacto que genera el grado de contaminación en el botadero de basura El Milagro, se hará uso de los métodos geoquímicos. La geoquímica desempeña un papel fundamental en la identificación de suelos contaminados, ya que se basa en principios científicos sólidos. Este enfoque se sustenta en la comprensión de la composición química de los suelos y su relación con la presencia de contaminantes. Los análisis geoquímicos proporcionan datos cuantitativos y cualitativos que permiten identificar de manera precisa los tipos y las concentraciones de sustancias químicas en el suelo, lo que es esencial para evaluar el grado de contaminación y tomar decisiones informadas sobre las estrategias de remediación.

Desde una perspectiva práctica, la geoquímica se convierte en una herramienta valiosa para la gestión ambiental y la protección de la salud pública. La geoquímica se utiliza para identificar suelos contaminados en el botadero de residuos sólidos El Milagro mediante la recopilación de muestras de suelo y análisis químicos. Al comparar los resultados con estándares establecidos, se determina la presencia y el alcance de la contaminación. Además, permite mapear la distribución de contaminantes y rastrear fuentes específicas de contaminación en el suelo. Este enfoque es esencial para tomar medidas de remediación y garantizar la seguridad del medio ambiente y la salud pública.

El método científico es nuestra base para estar desarrollando esta investigación, debido a que el método científico es una herramienta fundamental para abordar de manera rigurosa y sistemática los problemas de investigación. Al seguir el método científico, estamos asegurándonos de las observaciones precisas, formular hipótesis claras y específicas, diseñar experimentos o recopilar datos de manera rigurosa y analizar los resultados de manera objetiva. Este enfoque permite obtener conclusiones confiables basadas en evidencia,

fortaleciendo la validez del trabajo sobre la evaluación del impacto de la contaminación en el botadero de residuos sólidos El Milagro.

Para la recolección de datos de contaminación de suelos, utilizaremos diversos instrumentos y equipos, así como software especializado para el análisis de los datos recolectados.

Se utilizarán instrumentos para la recolección de muestras que van a permitir analizar la calidad del suelo, mediante análisis de laboratorio, los medidores de pH donde vamos a determinar la acidez o alcalinidad del agua y conductímetros para medir la conductividad eléctrica del agua.

Por último, este trabajo consiste en evaluar el impacto de la contaminación de los suelos en el botadero El Milagro, tiene el potencial de impactar varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

1.1. Formulación del problema

¿Cuál es el grado de contaminación del suelo según el estudio físico-químico en el botadero El Milagro, 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar el estudio físico-químico para determinar el grado de contaminación del suelo en el botadero El Milagro – Trujillo, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar la cantidad proyectada de residuos sólidos que se recuperan diariamente en el botadero controlado El Milagro.

- Estudiar el impacto en la calidad del suelo en comparación con los estándares y regulaciones ambientales.
- Determinar los niveles de concentración de metales pesados en suelos afectados por lixiviados en el botadero El Milagro.
- Caracterizar físicamente las muestras de suelo (análisis granulométrico, textura del suelo).

1.3. Hipótesis

El grado de contaminación determinado con métodos físico-químicos nos da como resultado que la ubicación final de los residuos sólidos en los vertederos genera un grado de contaminación en la calidad de los suelos de El Milagro en el año 2023.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Este estudio es una investigación aplicada, ya que se realizará la aplicación de una metodología existente y de los estudios en investigaciones previamente realizadas, y con los resultados obtenidos en estos estudios se podrá contrastar la investigación. (Ortega, 2023) La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo; por lo que se procederá a medir la variable de investigación y se utilizará las matemáticas para evaluar los datos y verificar la hipótesis, usando también un método deductivo. (Polanía et al., 2020) Asimismo, este estudio es de diseño no experimental, ya que no se manipulará la única variable de estudio de manera intencional; esta se basa en la observación de campo, en la recopilación de información certera y en el análisis de documentos válidos (Hernández et al., 2010) y es de corte transversal.

Por último, la presente investigación es de alcance descriptivo, debido a que se interpretarán los resultados en su contexto normal para poder brindar una solución al problema de la investigación y establece un comportamiento, por lo que se busca información verídica acerca de la variable de estudio. (URBE, s.f.)

En este presente proyecto de investigación, se toma como población a un área de 2000 m² del suelo en el botadero El Milagro, que evidencien un alto grado de contaminación en el año 2023.

Esta investigación presenta una técnica de muestreo probabilístico simple, ya que este se utiliza cuando la población tiene un comportamiento homogéneo. En este caso para la muestra se seleccionaron 5 puntos de muestreo de suelo al azar con coordenadas en el sistema WSG1984_17S; M1 E715200 N9112372, M2 E715177 N9112288, M3 E715175 N9112207, M4 E715190 N9112144, M5 E715181 N9112120, de los cuales se recolectaron los datos más

representativos, con los cuales se realizarán un estudio físico con el análisis granulométrico y se evaluarán el grado de contaminación del suelo según los Estándares de Calidad Ambiental.

Tabla 1

Puntos de muestreo.

WSG1984_17S		
PUNTO	ESTE	NORTE
M1	E715200	N9112372
M2	E715177	N9112288
M3	E715175	N9112207
M4	E715190	N9112144
M5	E715181	N9112120

Nota. Puntos de muestreo E-N.

Fuente: Elaboración propia.

Entre los materiales utilizados tenemos:

- GPS: Equipo para detectar la ubicación
- Libreta de apuntes: Para las anotaciones durante la elaboración de este trabajo.
- Picota de acero
- Mascarillas y guantes de protección
- Pala recta
- Barrena

- Espátula de acero inoxidable
- Bolsas impermeables
- Marcadores y etiquetas

La técnica descriptiva se emplea para observar y registrar detalladamente las condiciones visibles del entorno, como la distribución de residuos, características del suelo y otros elementos relevantes. Este análisis visual informa la selección estratégica de puntos de muestreo. Simultáneamente, el enfoque cuantitativo se implementa mediante análisis de laboratorio de las muestras recopiladas, proporcionando datos numéricos específicos sobre la concentración de contaminantes. La combinación de técnicas descriptivas y cuantitativas garantiza una evaluación integral y precisa del grado de contaminación en "El Milagro".

La técnica principal para este trabajo es la observación directa, cuyo instrumento es la ficha de observación. Asimismo, para el análisis documental se utilizará la guía de Análisis Documental, entre otros instrumentos. Luego se realizan gráficos de descripción del estudio físico del suelo (textura), para obtener su nombre textural: Textura del suelo es franco arenoso.

Los instrumentos de recolección de datos fueron validados por expertos con experiencia en el rubro de Topografía, Geología, Suelos, Tecnología del concreto, Estructuras, entre otros; quienes garantizan que los instrumentos empleados como la matriz de recopilación de datos, la guía de análisis documental, la ficha resumen y la ficha de observación contribuyen para dar cumplimiento a los objetivos específicos, detallando la información de manera clara y precisa.

Este trabajo es descriptivo transversal porque se realizará el estudio en un tiempo determinado, por lo tanto, el análisis de datos utilizará el método de estadística descriptiva cuyo instrumento aplicado es la tabla de frecuencia, o gráfico estadístico que nos permite observar el porcentaje total de una muestra, para una mejor interpretación.

El procedimiento se inicia con una investigación preliminar, una recopilación de información bibliográfica, revisando tesis y artículos para identificar puntos relevantes. Se realizan consultas a profesionales del área, se hace una preparación de los equipos para pasar al muestreo y se realiza una revisión bibliográfica del área de estudio.

Luego, se caracteriza el sitio, enfocándose en características topográficas, se elabora un mapa de ubicación donde se ubicarán los principales puntos de muestreo y se georreferencian los puntos en coordenadas UTM WGS 84 17S. La fase de muestreo del suelo implica la selección cuidadosa de puntos representativos y el almacenamiento adecuado de las respectivas muestras en las bolsas de muestreo para ser llevados al laboratorio. Estos se someten a análisis químicos de metales pesados en un laboratorio mineralógico ubicado en Trujillo.

Asimismo, se realizó un análisis granulométrico de las muestras de suelo en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo. Para dicho análisis se utilizaron instrumentos específicos como el hidrómetro calibrado, la batidora eléctrica, el agitador manual, un termómetro, una balanza y un cronómetro. Luego se realizó una serie de gráficos con el estudio del tamizado y se obtuvo su nombre textural: textura del suelo es franco arenoso.

La interpretación de resultados incluye la comparación con estándares de calidad ambiental, la sistematización de la información recopilada en campo en las etapas anteriores, la evaluación de la extensión de contaminación, determinación del grado de contaminación y evaluación de riesgos asociados, logrando un enfoque integral para comprender la contaminación en la zona de estudio. Por último, se presentará y se sustentará el proyecto final.

Para la elaboración del presente estudio se tuvo que contar con la aprobación de expertos, también se hace uso de una ética en la investigación debido a que se hace uso de la Normas de redacción APA (séptima edición) y también se utiliza el software de similitud **TURNITIN**. Asimismo, todos los datos que se presentarán en esta tesis serán verídicos, ya que se presentará en la institución.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Tabla 2

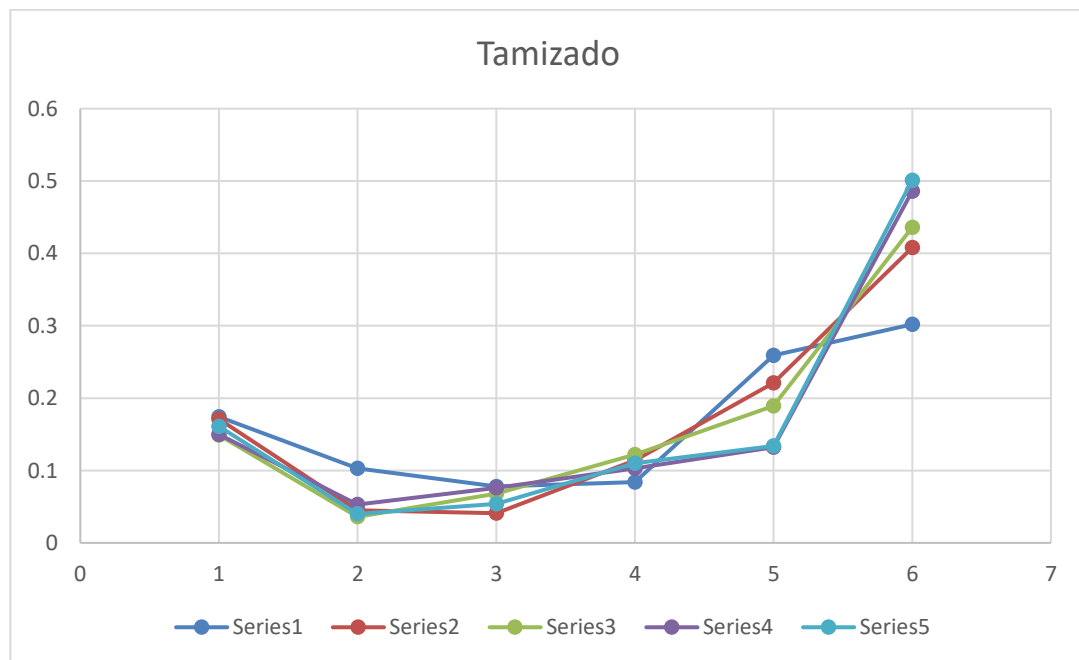
Aspecto físico del suelo.

Muestra	N°20 (gr)	N°40	N°60	N°100	N°140	N°200	Total (kg)
1	0.174	0.103	0.078	0.084	0.259	0.302	1
2	0.171	0.045	0.041	0.114	0.221	0.408	1
3	0.149	0.036	0.068	0.122	0.189	0.436	1
4	0.15	0.053	0.076	0.103	0.132	0.486	1
5	0.161	0.04	0.054	0.11	0.134	0.501	1

Nota. Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

Gráfico 1

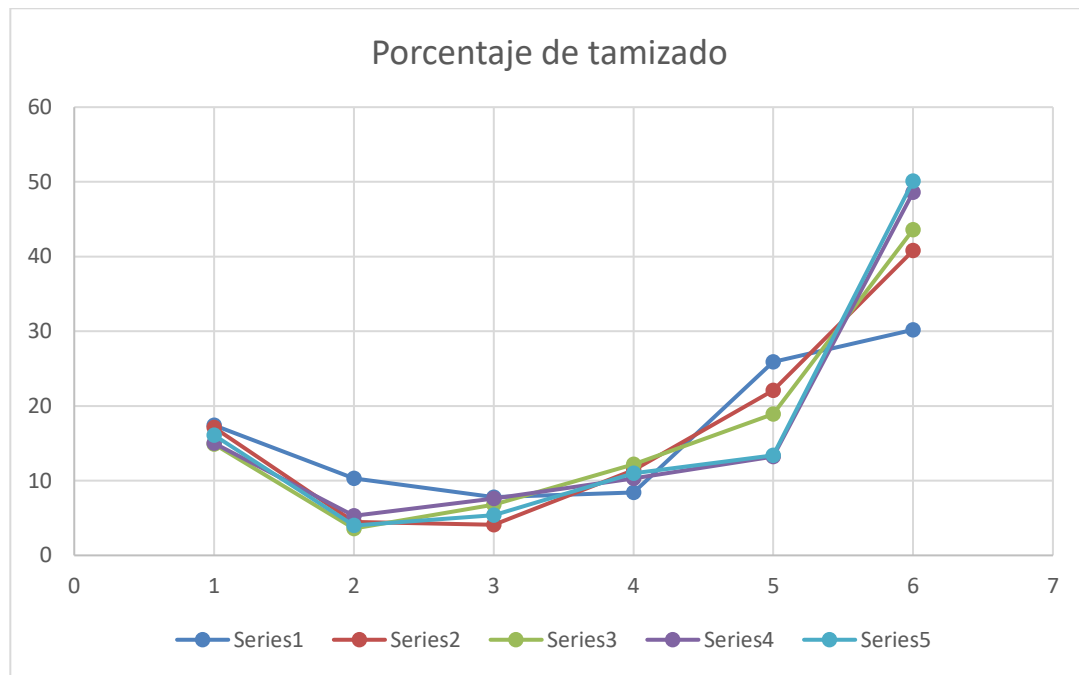
Aspecto físico del suelo.



Nota. Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

Gráfico 2

Aspecto físico del suelo (porcentaje).



Nota. Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

Tabla 3

Análisis de muestra M – 01.

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M – 01	
	Este: 715200.00	Norte: 9112372.00
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Plomo	Pb mg/kg	16.2117
Arsénico	As mg/kg	11.5106

Nota. ICP-OES: Plasma de Acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica.

Tabla 4
Análisis de muestra M – 02.

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M – 02	
COORDENADAS	Este: 715177.00	Norte: 9112288.00
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Plomo	Pb mg/kg	14.2384
Arsénico	As mg/kg	10.8802

Nota. ICP-OES: Plasma de Acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica.

Tabla 5
Análisis de muestra M – 03.

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M – 03	
COORDENADAS	Este: 715175.00	Norte: 9112207.00
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Plomo	Pb mg/kg	14.8411
Arsénico	As mg/kg	13.0519

Nota. ICP-OES: Plasma de Acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica.

Tabla 6
Análisis de muestra M – 04.

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M – 04	
COORDENADAS	Este: 715190.00	Norte: 9112144.00
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Plomo	Pb mg/kg	12.6817
Arsénico	As mg/kg	9.8473

Nota. ICP-OES: Plasma de Acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica.

Tabla 7
Análisis de muestra M – 05.

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M – 05	
COORDENADAS	Este: 715181.00	Norte: 9112120.00
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Plomo	Pb mg/kg	15.6640
Arsénico	As mg/kg	11.0649

Nota. ICP-OES: Plasma de Acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica.

Tabla 8

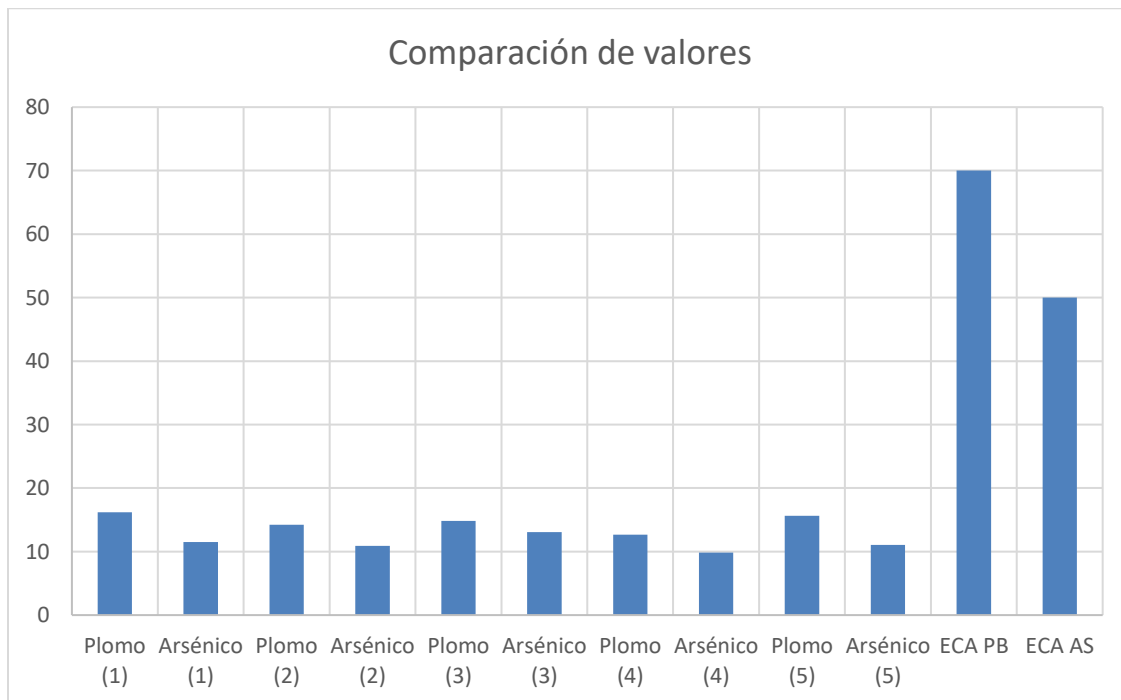
Promedio de valores de concentración de determinados metales pesados de cada muestra.

Concentración de metal (ppm)	
Arsénico	Plomo
11.27098	14.72738

Nota. Se siguió todo el procedimiento para obtención de muestras según el MINEM, tal y como se observa en la metodología. Asimismo, se demuestra que todos los valores encontrados están dentro del rango de los ECAs de los suelos.

Gráfico 3

Comparación de los elementos con los ECAs.



Nota. Según lo que se observa en este gráfico, se puede demostrar que todos los valores encontrados están dentro del rango de los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) de los suelos del tipo industrial, teniendo como ejemplo el arsénico, el cual, según la norma debe estar por debajo de 50 mg/kg, y aquí se presenta con un valor siempre cercano a 10 mg/kg.

Tabla 8

Ingreso diario de residuos sólidos al botadero controlado El Milagro (2015).

<i>Tipo de residuo</i>	<i>Origen</i>	<i>Peso promedio diario (TON)</i>
Municipales	Distrito Trujillo	328
	Otros distritos	381
	Total	709

Nota. En la siguiente tabla se observa la cantidad promedio de residuos sólidos que ingresan al Botadero El Milagro ubicado en el distrito Trujillo, siendo una cantidad preocupante sabiendo que la cantidad proyectada para “Otros distritos” es la suma de todos los residuos juntos.

Fuente. Subgerencia de Tratamiento y Disposición Final del SEGAT.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados de la concentración de los principales metales, en el que se observa que los niveles están dentro del rango de los ECA del suelo de tipo industrial, por lo que rechaza la hipótesis “El grado de contaminación determinado con métodos físico-químicos nos da como resultado que la ubicación final de los residuos sólidos en los vertederos genera un grado de contaminación en la calidad de los suelos de El Milagro en el año 2023”

Las implicancias denotan que la concentración de metales a una profundidad promedio de 50 centímetros no genera ninguna consecuencia negativa para el ambiente y la salud humana; es así, que entre los hallazgos tenemos al arsénico con un 11.27098 ppm y el plomo con un 14.72738 ppm en promedio.

Respecto al primer objetivo se tuvo como resultado que el grado de contaminación del suelo no es negativo para el medio ambiente, ya que no supera los límites de los ECA. Lo cual es acorde del estudio de Guerra & Ferradas (2019), quienes determinaron que, al comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental, la mayoría de los metales analizados no excedieron los límites establecidos. Sin embargo, el Cromo VI sí superó el límite de los ECA. Según García (s.f.), dice que el suelo se puede degradar al tener sustancias a unos niveles tales que pueden causar un efecto negativo en el comportamiento de los suelos. Esas sustancias, a unos niveles de concentración altas, se pueden volver tóxicas para los organismos. En este trabajo de investigación los niveles de plomo y arsénico son bajos en un nivel de 40 cm bajo tierra, pero es mayor en niveles mayores. Los resultados revelan concentraciones promedio no tan preocupantes de 11.27098 mg/kg de arsénico y 14.72738 mg/Kg de plomo en el suelo del botadero, debido a que estas cifras aún no sobrepasan los

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para los distintos tipos de suelos. Esta situación sugiere que, hasta el momento, la contaminación en el botadero El Milagro no ha alcanzado niveles críticos que lleguen a superar los límites máximos permitidos en un nivel de 30 cm bajo tierra. Aunque estos valores se encuentran por debajo de los estándares, es crucial reconocer que cualquier nivel de contaminación conlleva riesgos para la salud y el medio ambiente a largo plazo.

Respecto al segundo objetivo se tuvo como resultado un promedio de 328 residuos sólidos diarios depositados en el botadero El Milagro, los cuales, a comparación de otros botaderos, es una situación preocupante, esto debido a la mala disposición de los mismos en dicho botadero. Este resultado se puede comparar con el estudio de Díaz (2019), en el cual se realizó un estudio al botadero de San Pablo y se determinó que existe una mala disposición de residuos en este botadero de cielo abierto. Estos residuos sólidos son desechados por la población del distrito, los cuales tienen como disposición final un botadero municipal que no cuenta con las condiciones necesarias que permita minimizar la contaminación al medio ambiente, siendo reflejados en los resultados del estudio.

Respecto al tercer objetivo, se tuvo como resultado que el impacto está en un nivel bajo para las propiedades físico-químicas del suelo generadas por el botadero municipal El Milagro de Trujillo. Esto es concordante con un estudio de Quintero (2020), donde se evaluó el impacto ambiental en un botadero en el distrito de Huanta para suelo y agua, siendo un impacto bajo para las propiedades físicas y químicas del suelo, y un impacto moderado para la calidad del agua y el suelo en el botadero estudiado.

Respecto al cuarto objetivo, se tuvo como resultado que tanto el arsénico como el plomo están dentro de los límites máximos permitidos según el ECA, siendo los límites para As y Pb, 50 mg/kg y 70 mg/kg, respectivamente, para suelos agrícolas. Los resultados obtenidos nos revelan en arsénico un promedio de 11.27098 mg/kg y en plomo un promedio de 14.72738 mg/kg; tomando en cuenta también que para suelos residenciales los límites para As y Pb son 50 mg/kg y 140 mg/kg, respectivamente. Lo cual es acorde con el estudio de Pacompia (2023), donde se analizó la presencia de metales pesados como el arsénico, el mercurio, el cadmio y el plomo y reveló que estas sustancias estaban presentes en concentraciones significativas en los lixiviados y en los suelos muestreados, aunque los niveles de estos metales en los suelos no superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo agrícola establecidos por el MINAM. Por otra parte, en el estudio de Maquerhua & Valverde (2012), los resultados obtenidos de su análisis por el método analítico ICP, detectaron concentraciones muy importantes de metales pesados, que alcanzan y llegan a superar los niveles máximos permitidos por las normativas canadienses para los elementos As, B, Cd y Zn.

Respecto al cuarto objetivo, se tuvo como resultado gracias al estudio físico del suelo mediante la granulometría, que la textura del suelo es franco arenoso, siendo el mayor porcentaje de pase del suelo el Tamiz N° 200 correspondiente a la arena con una abertura de 0.075 mm, y siendo clasificado con la pirámide de texturas del suelo. Esto es concordante con el estudio realizado por Navarro (2023), en donde se determinó que la concentración de metales pesados en suelos con lixiviados generados en el botadero de Ilave supera los ECA, y que el resultado de su estudio físico brinda que el tipo de suelo de su botadero es de textura franco arenoso.

Entre las conclusiones finales de este trabajo de investigación tenemos:

- Se realizó un estudio físico-químico para determinar el nivel de contaminación de los suelos en el botadero “El Milagro” ubicado en la ciudad de Trujillo, encontrándose concentraciones en mg/kg de los metales pesados As y Pb en los cinco puntos de muestreo en el área; concluyendo que estos suelos estudiados no están contaminados por los metales pesados analizados (arsénico y plomo). Eso quiere decir que existe un bajo grado de contaminación a 40 cm de profundidad según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) debido a la disposición final de los residuos sólidos y la calidad del suelo del botadero el Milagro.
- Se analizó la cantidad de residuos sólidos proyectada a 328 desechos diarios depositados en el botadero, generando una preocupación constante en la población, comparándose con otros botaderos municipales. A diario se disponen una gran cantidad de residuos sólidos en el botadero “El Milagro” que no tienen un buen tratamiento, lo que genera una gran contaminación en la parte superficial del botadero, afectando a las personas que viven en zonas aledañas. Además, este dato nos puede ayudar a comprender las causas de una posible contaminación en el suelo futuramente.
- Se estudió el impacto en la calidad del suelo en comparación con los estándares (ECA) y regulaciones ambientales, obteniéndose que el impacto ocasionado por el botadero “El Milagro”, con respecto a los metales pesados del suelo para sus propiedades físico-químicas, es bajo ya que los valores obtenidos en el estudio se encontraron muy por debajo de los estándares ECA,

cumpliendo con los mismos. Asimismo, se determinó el Ph con un nivel de acidez neutro para un valor de pH de aproximado a 7 para botaderos municipales de suelos agrícolas.

- Se determinó los niveles de concentración de metales pesados (arsénico y plomo) en suelos afectados por lixiviados del botadero municipal “El Milagro” de la ciudad de Trujillo, encontrándose en el primer muestreo concentraciones de Arsénico (As) a un nivel de 11,5106 mg/kg, y el Plomo (Pb) con 16,2117 mg/kg. En el punto 2 se encontró 10,8802 mg/kg de Arsénico (As) y el Plomo (Pb) con 14,2384 mg/kg. En el punto 3 se determinó que el Plomo (Pb) en el suelo tuvo una concentración de 14,8411 mg/kg y el Arsénico (As) una concentración de 13.0519 mg/kg. En el punto 4 se encontró 12.6817 mg/kg de Plomo (Pb) y un 9.8473 mg/kg para el Arsénico (As). Y para el punto 5 el Plomo (Pb) tuvo una concentración de 15.664 mg/kg, mientras que el Arsénico (As) tuvo una concentración de 11.0649 mg/kg. Finalmente se encontró en mayor cantidad el metal pesado Arsénico (As) con un valor de 13,0519 mg/kg en el punto 3, mientras que la mayor cantidad de Plomo (Pb) se registró en el punto 1 con 16.2117 mg/kg. Por último, estos valores tuvieron un promedio de 11.27098 mg/kg para el Arsénico (As) y un promedio de 14.72738 mg/kg para el Plomo (Pb).
- Se caracterizaron físicamente las cinco muestras del suelo con un análisis granulométrico, obteniendo que las muestras de suelo, con el uso del tamizaje, tienen un nombre textural denominado suelo franco arenoso.

Finalmente, entre las recomendaciones del trabajo de investigación tenemos:

- Se destaca la importancia de implementar medidas preventivas y de mitigación de manera proactiva para salvar la calidad del suelo y prevenir riesgos futuros, incluso cuando los niveles actuales parecen estar dentro de los límites permitidos.
- Para el presupuesto de las autoridades locales, como medida para mitigar esta problemática del futuro, se recomienda implementar Programas de Reciclaje Comunitario, capacitación local sobre las prácticas adecuadas sobre manejo de residuos sólidos y mejorar la infraestructura del botadero utilizando materiales locales.
- Se recomienda lograr identificar las fuentes de los metales inorgánicos pesados para poder implementar medidas preventivas contra la contaminación ambiental que disminuyan los costos de la remediación.
- Se recomienda realizar charlas y capacitaciones mensuales o anuales para prevenir y/o mitigar los posibles daños a la salud y medio ambiente que pueden causar la mala disposición de los lixiviados generados por los botaderos municipales al aire libre.
- Se recomienda, para posteriores investigaciones en el área estudiada, estudiar la composición de los metales pesados del botadero “El Milagro” de Trujillo, incluyendo análisis de aguas subterráneas y/o superficiales de zonas aledañas al botadero municipal, para así lograr una mejor determinación de la concentración de los metales pesados.

REFERENCIAS

- Ramírez, R. (2023). *Solo 13 países y territorios tuvieron una calidad del aire "saludable" en 2022*. CNN. Recuperado el 7 de octubre del 2023, de [https://cnnespanol.cnn.com/2023/03/14/13-paises-calidad-aire-saludable-2022-trax/#:~:text=Solo%2013%20pa%C3%ADses%20y%20territorios,del%20aire%20%22saludable%22%20en%202022&text=\(CNN\)%20%2D%2D%20Seg%C3%BAAn%20un%20nuevo,alcanz%C3%B3%20niveles%20alarmantes%20en%202022](https://cnnespanol.cnn.com/2023/03/14/13-paises-calidad-aire-saludable-2022-trax/#:~:text=Solo%2013%20pa%C3%ADses%20y%20territorios,del%20aire%20%22saludable%22%20en%202022&text=(CNN)%20%2D%2D%20Seg%C3%BAAn%20un%20nuevo,alcanz%C3%B3%20niveles%20alarmantes%20en%202022).
- García, Y., Herrera, A. & Prieto, R. (2020). Análisis de sostenibilidad ambiental del relleno sanitario Doña Juana (Bogotá - Colombia), a través de la metodología IICA para la estimación de huella hídrica. *Revista ActaNova*, 9(4). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100006&lang=es
- Saavedra, V. (2021). *Estudio de degradación de suelos por efecto de los residuos sólidos*. [Tesis de Grado]. Repositorio Institucional UPN. Universidad Privada del Norte. La Libertad, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29471?show=full&locale-attribute=es>
- García, I. (s.f.). *Contaminación del suelo e impacto ambiental*. Recuperado el 11 de noviembre del 2023, de <http://www.edafologia.net/conta/tema11/concep.htm>
- Comisión Europea. (2014). *ATLAS DE SUELOS DE AMÉRICA LATINA y el CARIBE*. LB-NA-25402-ES-C, Joint Research Centre, 176. Bélgica.

- MINAM. (2019). TALLER DE CAPACITACION Y ASISTENCIA TECNICA EN LA FORMULACION DE PROYECTOS DE INVERSION PUBLICA AMBIENTALES. *Dirección general de gestión de residuos sólidos*. Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/322800/DGRS_-_Brech_Trujillo_2019.pdf
- UNAS. (2013). *ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE ORCOPAMPA, PROVINCIA DE CASTILLA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA*. [Tesis de Grado]. Repositorio Institucional UNSA. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b1ebd777-672c-45f2-93d5-c4856c9c3e93/content>
- Félix, J., & Rodríguez, S. (2020). *DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL- DISTRITO DE TAYABAMBA – 2020*. [Tesis de Grado]. Repositorio Institucional UPN. Universidad Privada del Norte. La Libertad, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23952>
- Cerdán, G., & Pretel, C. (2019). *CARACTERIZACIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO DEL CENTRO POBLADO DE AGUAS CALIENTES EN EL AÑO 2019*. [Tesis de Grado]. Repositorio Institucional UPN. Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24002>

- Cortez, M., & Marín, M. (2020). *CONOCER LAS CAUSAS DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN THEOBROMA CACAO L. (CACAO) 2010-2020: REVISIÓN SISTEMÁTICA*. [Tesis de Grado]. Repositorio Institucional UPN. Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26214>
- Ferradas, L., & Guerra, Y. (2019). *DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y LA CALIDAD DEL SUELO DEL BOTADERO SAN IDELFONSO – LAREDO*. [Tesis de Grado]. Repositorio Institucional UPN. Universidad Privada del Norte. La Libertad, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22442>
- Flores, J., Machorro, A., Maimone, M., Martínez, E., Martínez, S., Rodríguez, P., Rosano, G. & Tavera, M. (2020). Sustentabilidad y evaluación del impacto del relleno sanitario del Municipio de Carmen en Campeche, México. *La granja*, 32(2). <https://doaj.org/article/9b7314ab088d4657a8c1ede173228738>
- Zapata, A. & Zapata, C. (2013). Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios. *Gestión y ambiente*, 16(2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169428420009>
- Fernández, B., Huanchi, L. & Mullisaca, E. (2022). Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24 (2), 131-138. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572022000200131&script=sci_abstract

- Minota, Y. & Velasco, A. (2012). EVALUACIÓN POR CONTAMINACIÓN EN SUELOS ALEDAÑOS A LOS CEMENTERIOS JARDINES DEL RECUERDO E INMACULADA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702012000100011&script=sci_arttext
- Guerreo, M. & Pineda, M. (2016). CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA MINERA DE RASGATÁ BAJO (TAUSA). MODELO CONCEPTUAL. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702016000100004&script=sci_arttext
- Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo. (2015). *Botadero “El Milagro”*. Subgerencia de Tratamiento y Disposición Final. Recuperado el 12 de febrero del 2024, de <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/6437.pdf>
- Díaz, B. (2019). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO MUNICIPAL DEL DISTRITO DE SAN PABLO – 2018*. [Tesis de Grado]. Repositorio Institucional UCV. Universidad César Vallejo. La Libertad, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31560>
- Pacompia, T. (2023). *EFECTO POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO MUNICIPAL EN EL SUELO POR METALES PESADOS DISTRITO DE ILAVE – 2023*. [Tesis de Grado]. Repositorio Alcira. Universidad Privada San Carlos. Puno, Perú. <http://34.127.45.135/handle/UPSC/620>

- Maquerhua, Y. & Valverde, N. (2012). *Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito El Mantaro provincia de Jauja*. [Tesis de Grado]. Repositorio UNCP. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3703>
- Quintero, F. (2022). *IMPACTO EN LA CALIDAD DEL SUELO Y AGUA OCASIONADO POR EL BOTADERO MUNICIPAL DEL DISTRITO HUANTA, 2020*. [Tesis de Grado]. Repositorio institucional. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7230>
- Navarro, Y. (2023). *Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave – 2023*. [Tesis de Grado]. Repositorio Alcira. Universidad Privada San Carlos. Puno, Perú.
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/622>
- Ramos, R. (2023). *Efectos de la contaminación del botadero municipal de Chota en la macrofauna del suelo*. [Tesis de Grado]. Repositorio UNACH. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Cajamarca, Perú.
<https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/384>
- ULPGC. (s.f.). Clasificación del suelo. *Almacén*, 1(3), 1-17.
<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/31/31448/suelos.pdf>
- Alarcón, J., Argota, G. & Pérez, B. (2023). Materia orgánica y pH en el suelo agrícola próximo al botadero de quitasol, Abancay, Apurímac, Perú. *Paideia XXI*, 13(1), 103–112. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/5700>

Bautista, F. (1999). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. México.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=yE2Jq3z7ex4C&oi=fnd&pg=PA17&dq=grado+de+contaminaci%C3%B3n+del+suelo&ots=mf-ctvyljL&sig=eIpFBrCdizw1N8PYYn8uGEV5qF0#v=onepage&q=grado%20de%20contaminaci%C3%B3n%20del%20suelo&f=false>

Fernández, R. (2009). *MANUAL DE SALUD AMBIENTAL INFANTIL*. LOM Ediciones.

Chile. <https://www.enfermeriaaps.com/portal/wp-content/uploads/2012/02/Manual-de-salud-ambiental-infantil-para-ense%23U00flanza-de-grado-en-escuelas-de-medicina.pdf#page=54>

ANEXOS

Anexo I: Esquema del diseño de investigación.



Anexo II: Matriz de clasificación de variables.

Variable	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Grado de contaminación	Dependiente	Cuantitativa	Intervalo	Multidimensional	Indirecta

Anexo III: Matriz de consistencia.

TÍTULO: Grado de contaminación del suelo aplicando geoquímica en el botadero El Milagro 2023					
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿Cuál es el grado de contaminación aplicando geoquímica del suelo en el botadero El Milagro 2023?	El grado de contaminación determinado con métodos geoquímicos nos da como resultado que la ubicación final de los residuos sólidos en los vertederos genera un alto grado de contaminación en la calidad de los suelos del botadero El Milagro en el año 2023.	GENERAL: Determinar el grado de contaminación del suelo en el botadero El Milagro utilizando geoquímica 2023.	VARIABLE 1: Grado de contaminación del suelo	Tipo de investigación: Cuantitativa Aplicada Aplicativa Diseño: No experimental Técnica: Observación Instrumento: Ficha de observación o recolección de datos Ficha de contaminación Instrumentos de caracterización de aguas subterráneas Método de análisis de datos: Métodos probabilísticos simples	POBLACIÓN Todos los suelos que evidencien un grado de contaminación cercanos a vertedero El Milagro 2023.

		<p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar la cantidad proyectada de residuos sólidos que se recuperan diariamente en el botadero controlado El Milagro. - Estudiar el impacto en la calidad del suelo en comparación con los estándares y regulaciones ambientales. 	<p>VARIABLE 2:</p> <p>Geoquímica</p>		<p>MUESTRA</p> <p>Cinco puntos de muestreo cercanos al botadero.</p>
--	--	--	---	--	---

Anexo IV: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Grado de contaminación	<p>La contaminación se refiere a la introducción o presencia de sustancias, agentes o condiciones físicas en el medio ambiente que tienen efectos perjudiciales o indeseables en los organismos vivos, los ecosistemas y los recursos naturales. Es un proceso mediante el cual se altera la calidad del aire, agua, suelo u otros elementos del entorno, comprometiendo la salud humana, la biodiversidad y el equilibrio del ecosistema.</p>	<p>El Real Decreto 102, de 28-I, relativo a la mejora de la calidad del aire, art. 2. (2021) dice que el grado de contaminación es la cantidad de un contaminante en el aire, en el agua o su depósito en superficies (suelos) con referencia a un período de tiempo determinado.</p>	Parámetros físicos y químicos	Variación de los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio en los diferentes puntos de muestreo.	mg/L	Instrumento de laboratorio	Razón
				Presencia y cantidad de contaminantes con factores físico-químicos.			
			Parámetros biológicos	Variación de los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio en los diferentes puntos de muestreo.	NMP/100 mL	Instrumento de laboratorio	
				Parámetro de gestión de riesgos que indica la aceptabilidad del alimento o el funcionamiento.			

			Parámetros inorgánicos (metales)	Variación de los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio en los diferentes puntos de muestreo.	mg/L	Instrumento de laboratorio	
				Los metales son en general tóxicos para los seres humanos y el ambiente.			

Matriz para evaluación de experto N°01

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	Grado de contaminación del suelo aplicando geoquímica en el botadero El Milagro 2023
Línea de investigación:	Geoquímica
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Josualdo C. Villar Quiroz
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Geoquímica

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una “x” en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:

Ing. Josualdo C. Villar Quiroz
 ING. CIVIL
 CIP: 106997

Fuente: Elaboración propia

Matriz para evaluación de experto N°02

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	Grado de contaminación del suelo aplicando geoquímica en el botadero El Milagro 2023
Línea de investigación:	Geoquímica
Apellidos y nombres del experto:	Ing. José Luis Serrano Hernández
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Geoquímica

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:



Fuente: Elaboración propia

Ing. José Luis Serrano Hernández
ING. CIVIL
CIP: 54464

Matriz de Leopold

MATRIZ DE LEOPOLD		FASE DE CONSTRUCCIÓN							FASE DE OPERACIÓN										FASE DE CIERRE	
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	
COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	MOVIMIENTO DE TIERRAS	MATERIAL DE COBERTURA	TRANSPORTE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA	DESALOJO DE MATERIAL SOBANTE	MANTENIMIENTO DE MAQUINAS	CONSTRUCCIÓN DE VÍAS ACCESO SECUNDARIO	TRANSPORTE DE RESIDUOS	DESCARGA DE RESIDUOS	SEGREGACIÓN DE RESIDUOS	GENERACIÓN DE COMPOST Y HUMUS	TRANSPORTE AL RELLENO SANITARIO	COLOCACIÓN DE COBERTURA DIARIA	EMISIÓN DE GASES	QUEMADORES DE GASES	GENERACIÓN DE LIXIVIADOS	CIERRE DEL RELLENO SANITARIO	
		AIRE	NIVEL DE RUIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NIVEL DE POLVO	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NIVEL DE OLOR	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CALIDAD DE AIRE	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUELO	ALTERACIÓN EN LA CALIDAD DE SUELO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ESTABILIDAD DEL TERRENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DESTRUCCIÓN DE LA CAPA VEGETAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	EROSIÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGUA	CALIDAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AGUAS SUPERFICIALES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AGUAS SUBTERRÁNEAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLORA	COBERTURA VEGETAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
FAUNA	ESPECIES DE FAUNA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
SOCIO-ECONÓMICOS	CULTIVOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
	RIESGO PARA LA SALUD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	GENERACIÓN DE EMPLEOS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	VISTA PANORÁMICA DEL PAISAJE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Anexo VII: Profundidad del muestreo según el uso del suelo.

Uso	Profundidad de muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0 - 30 cm ⁽¹⁾ 30 - 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 - 10 cm ⁽²⁾ 10 - 30 cm ⁽³⁾
Suelo comercial/Industrial/Extractivo	0 - 10 cm ⁽²⁾

Anexo VIII: MINAM, Parámetros de calidad del suelo.

Parámetros	Unidad
pH	-
Conductividad Eléctrica	dS/m
Materia Orgánica	%
Arsénico ⁽¹⁾	mg/kg
Bario ⁽¹⁾	mg/kg
Cadmio ⁽¹⁾	mg/kg
Cromo VI ⁽¹⁾	mg/kg
Mercurio ⁽¹⁾	mg/kg
Plomo ⁽¹⁾	mg/kg

Anexo IX: Minam, 2017. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) Suelos.

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7),(8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fración de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Anexo VIII: Resultados del laboratorio de las 5 muestras obtenidas en campo.

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

**INFORME DE ANÁLISIS
LAB. QUIM. MET. "EL TRÉBOL"**

SOLICITANTES	: ARNOLD WILLIAM HILARIO GELDRES MARIAJOSE DE LOS ÁNGELES JARA BRAVO	
MUESTRA	: SUELOS	
PROYECTO	: GRADO DE CONTAMINACIÓN DE SUELOS DEL BOTADERO EL MILAGRO	
FECHA DE INGRESO	: 02 DE NOVIEMBRE DEL 2023	
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO		

ANÁLISIS DE MUESTRA

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M - 01	
COORDENADAS	ESTE: 715200.00 NORTE: 9112372.00	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
PLOMO	Pb mg/Kg	16.2117
ARSÉNICO	As mg/Kg	11.5106
ICP-OES: Plasma de acoplamiento Inductivo - Espectrofotómetro de Emisión óptica		

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M - 02	
COORDENADAS	ESTE: 715177.00 NORTE: 9112288.00	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
PLOMO	Pb mg/Kg	14.2384
ARSÉNICO	As mg/Kg	10.8802
ICP-OES: Plasma de acoplamiento Inductivo - Espectrofotómetro de Emisión óptica		

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO "EL TRÉBOL" S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS - METALÚRGICOS Y SERVICIOS GENERALES

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M - 03	
COORDENADAS	ESTE: 715175.00 NORTE: 9112207.00	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
PLOMO	Pb mg/Kg	14.8411
ARSÉNICO	As mg/Kg	13.0519

ICP-OES: Plasma de acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M - 04	
COORDENADAS	ESTE: 715190.00 NORTE: 9112144.00	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
PLOMO	Pb mg/Kg	12.6817
ARSÉNICO	As mg/Kg	9.8473

ICP-OES: Plasma de acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	M - 05	
COORDENADAS	ESTE: 715181.00 NORTE: 9112120.00	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
PLOMO	Pb mg/Kg	15.6640
ARSÉNICO	As mg/Kg	11.0649

ICP-OES: Plasma de acoplamiento Inductivo – Espectrofotómetro de Emisión óptica

OBSERVACIONES: Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin la autorización de Laboratorio Químico Metalúrgico EL TRÉBOL S.A.C. Los resultados de este certificado solo corresponden a la muestra recibida en muestras instalaciones

TRUJILLO, 07 DE NOVIEMBRE DEL 2023

ING. WILSON TIRADO LIBIA
GERENTE GENERAL

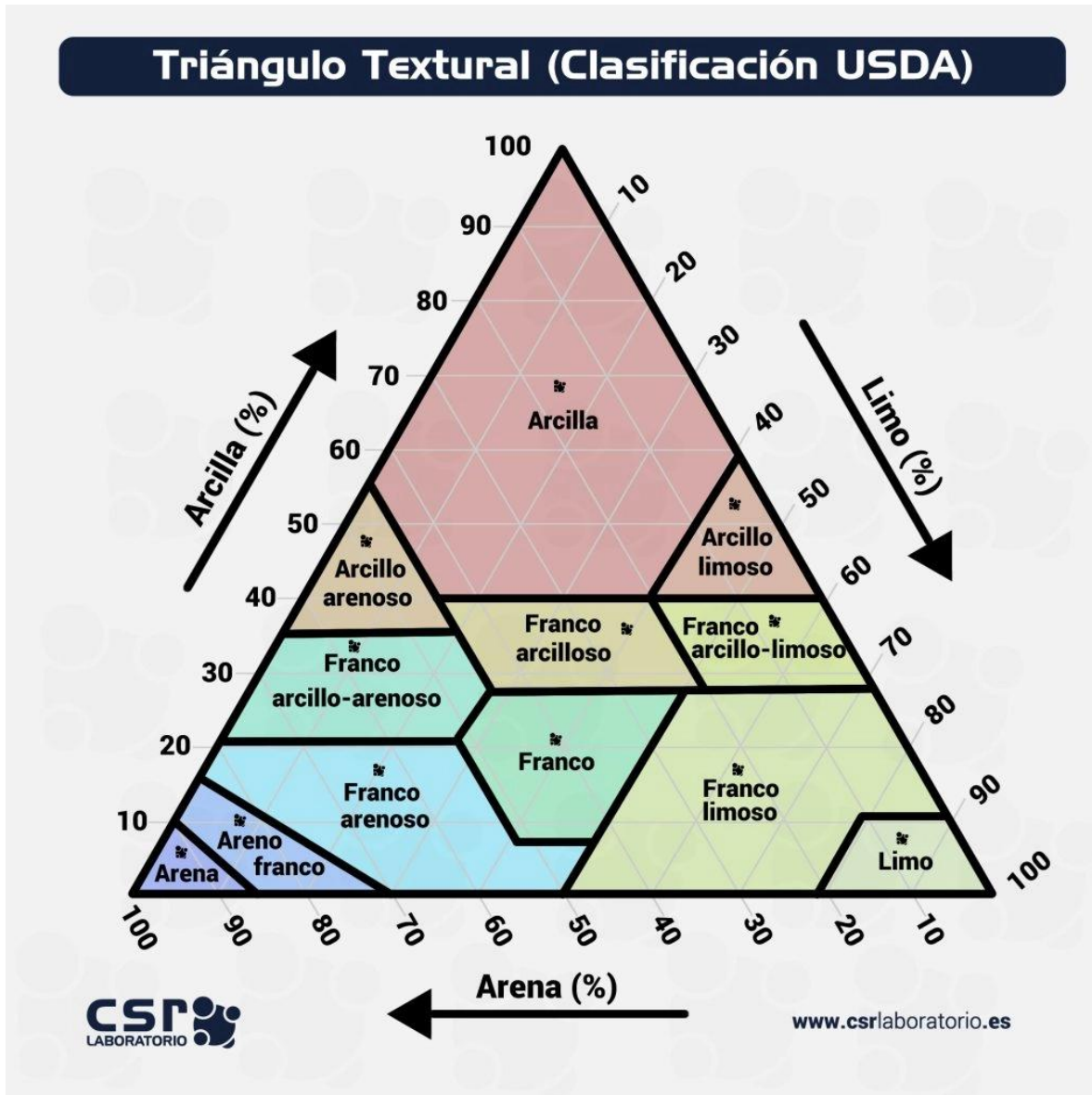


ING. BRIAN CABANILLAS
ANALISTA QUÍMICO

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 979 704 933 R.U.C. : 20611589094

Anexo IX: Triángulo textural.



EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Identificación de la zona de recolección de datos.



Recolección inicial de las muestras.



**Selección inicial de la zona de
recolección de muestras.**



**Fotografía de la zona trabajada del
botadero El Milagro.**



Proceso de tamizaje de las muestras.



**Separación de las muestras luego del
tamizaje.**