

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Comparación del grado de contaminación por concentración de
Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de
Cachicoto, Monzón”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Flores Fernandez, Kevin Johan

ASESOR: Cajahuanca Torres, Raul

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73879759

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22511841

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-5671-1907

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
2	Vasquez Baca, Yasser	Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X
3	Romero Estacio, Jorge Antonio	Maestro en gestión pública para el desarrollo social	22520481	0009-0000-2063-4076

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 21 del mes de julio del año 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

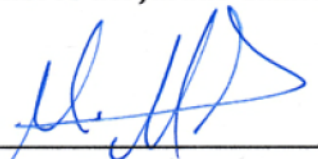
- Dr. Milton Edwin Morales Aquino (Presidente)
- Mg. Yasser Vasquez Baca (Secretario)
- Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1296-2026-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón"**, presentado por el (la) Bach. **FLORES FERNANDEZ, KEVIN JOHAN** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

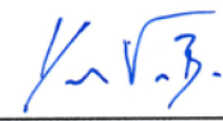
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 18:05 horas del día 21 del mes de JULIO del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Dr. Milton Edwin Morales Aquino
DNI: 44342697
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Presidente



Mg. Yasser Vasquez Baca
DNI: 42108318
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Secretario



Mg. Jorge Antonio Romero Estacio
DNI: 22520481
ORCID: 0009-0000-2063-4076
Vocal



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: **KEVIN JOHAN FLORES FERNANDEZ**, de la investigación titulada **"Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón"**, con asesor(a): **RAUL CAJAHUANCA TORRES**, designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 0282-2025-D-FI-UDH** del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del **13 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 02 de julio de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Nota: La presente constancia tendrá una **vigencia de cuatro (4) meses**, conforme a lo establecido en la **Directiva del Software de Identificación de Similitud y Originalidad**, aprobada mediante **Resolución N° 532-2024-P-CD-UDH**.

Vencido dicho plazo, el solicitante deberá realizar nuevamente el procedimiento correspondiente para la emisión de una nueva constancia.

Válida hasta el 02 de noviembre de 2026.

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1

www.revistas.ucr.ac.cr

Fuente de Internet

2

doaj.org

Fuente de Internet

3

repositorio.upsc.edu.pe

Fuente de Internet

4

Cesar Loo Gil. "Contaminación de suelos por el uso de aguas residuales", TecnoHumanismo, 2021

Publicación

5

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

6

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

7

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

8

worldwidescience.org

Fuente de Internet

9

David Villar Argaz, David A Gómez-Beltrán, Alejandra Cano P.. "Destino ambiental y efectos ecológicos de los tres herbicidas más utilizados en Colombia", CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2021

Publicación



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mis padres, por ser el motor de mis sueños y el apoyo incondicional en cada etapa de mi formación profesional. Su sacrificio y confianza han sido los pilares que me han permitido llegar hasta aquí.

A mis maestros, quienes con su guía y sabiduría despertaron en mí la curiosidad por la ingeniería y el compromiso con el cuidado de nuestra tierra.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Huánuco, mi alma mater, por brindarme los conocimientos y el espacio para crecer como profesional y como persona.

Al Mg. Raul Cajahuanca Torres, mi asesor, por su paciencia, sus acertadas correcciones y por motivarme a siempre buscar la excelencia en esta investigación.

A la comunidad de Cachicoto, por su apertura y apoyo durante el trabajo de campo; espero que esta investigación sea una herramienta útil para el futuro de su agricultura.

Al laboratorio y a todas las personas que, de manera directa o indirecta, aportaron con su grano de arena para concluir con éxito este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	28
2.2. BASES TEÓRICAS.....	30
2.2.1. CONCENTRACIÓN DE RESIDUOS DE HERBICIDAS.....	30
2.2.2. CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS	33

2.2.3. NORMAS NACIONALES Y LOCALES DE SUELOS Y USO DE AGROQUÍMICOS.....	37
2.2.4. INSTITUCIONES NACIONALES Y LOCALES DE SUELOS Y USO DE AGROQUÍMICOS	38
2.2.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN PERÚ	39
2.2.6. TIPOS DE HERBICIDAS, CUADRO DE PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS.....	39
2.2.7. PRINCIPIO ACTIVO DEL PARAQUAT Y GLIFOSATO	41
2.2.8. IMPACTOS AMBIENTALES DEL PARAQUAT Y GLIFOSATO	41
2.2.9. IMPACTOS A LA SALUD DEL PARAQUAT Y GLIFOSATO	41
2.2.10. CULTIVOS UTILIZADOS POR LOS AGRICULTORES EN EL ÁREA DE TRABAJO	42
2.3. DEFINICIÓN DE BASES CONCEPTUALES	42
2.3.1. ADSORCIÓN EN PARTÍCULAS.....	42
2.3.2. BIOCONCENTRACIÓN EN TEJIDOS	43
2.3.3. CAPACIDAD DE BIODEGRADACIÓN	43
2.3.4. DEGRADACIÓN MICROBIANA.....	43
2.3.5. FITOTOXICIDAD EN CULTIVOS	43
2.3.6. IMPACTO EN MICROBIOTA.....	43
2.3.7. LIXIVIACIÓN EN SUELOS	43
2.3.8. OXIDACIÓN QUÍMICA	44
2.3.9. PERSISTENCIA EN SUELOS	44
2.3.10. TOXICIDAD RESIDUAL	44
2.4. HIPÓTESIS	44
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	44
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	44
2.5. VARIABLES	45
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	45
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	45
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
CAPÍTULO III.....	47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1. ENFOQUE	47

3.1.2. ALCANCE O NIVEL	47
3.1.3. DISEÑO	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.2.1. POBLACIÓN	48
3.2.2. MUESTRA	50
3.2.3. MUESTREO.....	52
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.3.1. TÉCNICAS.....	53
3.3.2. INSTRUMENTOS	53
3.3.3. VALIDEZ.....	53
3.3.4. CONFIABILIDAD	54
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	54
3.4.1. INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS	54
3.4.2. ANÁLISIS DE DATOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	55
CAPITULO IV.....	56
RESULTADOS.....	56
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	56
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	61
CAPITULO V.....	67
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Normativas sobre el uso de agroquímicos	38
Tabla 2 Instituciones que controlan el uso de agroquímicos	38
Tabla 3 Clasificación de herbicidas y sus características principales	40
Tabla 4 Características agrícolas del área de estudio	56
Tabla 5 Parámetros fisicoquímicos del suelo por campaña.....	57
Tabla 6 Estadísticos descriptivos de parámetros fisicoquímicos del suelo ..	59
Tabla 7 Estadísticos descriptivos de metales seleccionados.....	60
Tabla 8 Rangos de concentración de metales seleccionados	61
Tabla 9 Contrastación descriptiva de la hipótesis general	62
Tabla 10 Contrastación descriptiva de la hipótesis específica 1	63
Tabla 11 Contrastación descriptiva de la hipótesis específica 2	64
Tabla 12 Contrastación descriptiva de la hipótesis específica 3	65
Tabla 13 Resumen general de contrastación de hipótesis	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama descriptivo	48
Figura 2 Área de análisis	48
Figura 3 Distribución de los puntos de muestreo	51
Figura 4 Carbono orgánico total por punto y campaña	57
Figura 5 pH por punto y campaña.....	57
Figura 6 Sales disueltas por punto y campaña	58
Figura 7 Humedad por punto y campaña.....	58
Figura 8 Variabilidad de parámetros fisicoquímicos del suelo	59
Figura 9 Variabilidad de parámetros fisicoquímicos del suelo	60
Figura 10 Rangos mínimo-máximo de metales seleccionados	61
Figura 11 Evidencia descriptiva para la hipótesis general	62
Figura 12 Indicadores fisicoquímicos para la hipótesis específica 1.....	63
Figura 13 Valores máximos de metales pesados seleccionados.....	64
Figura 14 Variabilidad de metales seleccionados según coeficiente de variación	65
Figura 15 Resumen gráfico de decisiones de hipótesis.....	66

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el grado de contaminación de los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto, distrito de Monzón, durante el año 2025, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y la presencia de metales pesados asociados al uso de agroquímicos. Se empleó un diseño descriptivo comparativo, analizando muestras de suelo en dos campañas de muestreo realizadas en octubre y noviembre en cuatro puntos georreferenciados. Los resultados evidenciaron suelos predominantemente ácidos con un pH promedio de 5.42, además de variaciones en el carbono orgánico total (2.96 % – 4.82 %), humedad (23.25 % – 46.11 %) y sales disueltas entre 9 y 14 mg/L. Asimismo, se identificó la presencia de metales pesados como cadmio, plomo, cromo, zinc y bario, destacando el cadmio con concentraciones que alcanzaron hasta 408.80 mg/kg, superando los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas. Aunque los plaguicidas Aldrín y Parathion se encontraron por debajo del límite de detección, las condiciones fisicoquímicas del suelo, especialmente la acidez y el contenido de materia orgánica, favorecen la persistencia y acumulación de contaminantes en el sistema edáfico, cuya degradación puede prolongarse por semanas o meses dependiendo de las condiciones ambientales. Se concluye que los suelos del área de estudio presentan un estado de contaminación heterogéneo asociado a prácticas agrícolas intensivas, lo que representa un riesgo potencial para la sostenibilidad agrícola y la salud ambiental del valle del Monzón.

Palabras clave: Suelos agrícolas, contaminación, metales pesados, pH, Cachicoto, Monzón.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the degree of contamination of agricultural soils in the Cachicoto settlement, Monzón district, during 2025 through the analysis of physicochemical parameters and the presence of heavy metals associated with agrochemical use. A descriptive comparative design was applied, analyzing soil samples collected during two sampling campaigns carried out in October and November at four georeferenced points. The results revealed predominantly acidic soils with an average pH of 5.42, as well as variations in total organic carbon (2.96%–4.82%), soil moisture (23.25%–46.11%) and dissolved salts ranging from 9 to 14 mg/L. In addition, heavy metals such as cadmium, lead, chromium, zinc and barium were detected, highlighting cadmium concentrations reaching up to 408.80 mg/kg, exceeding the environmental quality standards for agricultural soils. Although pesticides such as Aldrin and Parathion were below the detection limit, soil characteristics such as acidity and organic matter content may favor the persistence and accumulation of contaminants in the soil system. It is concluded that the soils of the study area show a heterogeneous contamination pattern associated with intensive agricultural practices, representing a potential risk for agricultural sustainability and environmental health in the Monzón valley.

Keywords: Agricultural soils, contamination, heavy metals, pH, Cachicoto, Monzón.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es, sin duda, la columna vertebral de la economía en las zonas rurales de la Amazonía peruana. Sin embargo, el afán por aumentar la productividad y proteger los cultivos de plagas y malezas ha llevado a una dependencia crítica de los agroquímicos. En el valle del Monzón, esta realidad no es ajena. El uso de herbicidas de amplio espectro, como el Paraquat y el Glifosato, se ha convertido en una práctica cotidiana. No obstante, la comunidad científica internacional ha comenzado a levantar alertas sobre cómo estas sustancias, diseñadas para desaparecer tras su aplicación, dejan huellas persistentes en la estructura física y química del suelo, afectando no solo la biodiversidad edáfica, sino también la salud de quienes consumen lo que de esa tierra brota.

El problema central reside en que el suelo no es un receptor pasivo. Es un sistema vivo y complejo donde ocurren reacciones químicas constantes. En entornos tropicales como el del centro poblado de Cachicoto, factores como la alta precipitación, la humedad relativa y la composición ácida del terreno juegan un rol determinante en el destino de los contaminantes. Cuando se aplican químicos de manera reiterada, el suelo puede actuar como un reservorio, atrapando moléculas orgánicas o facilitando la acumulación de metales pesados que a menudo vienen como impurezas en los fertilizantes y plaguicidas comerciales. Esta investigación nace, precisamente, de la necesidad de entender ese proceso de acumulación y degradación en una de las zonas agrícolas más dinámicas de la región Huánuco.

A nivel global, la contaminación del suelo por actividades agrarias es considerada una "amenaza invisible". A diferencia de la contaminación del aire o del agua, la degradación del suelo es silenciosa y acumulativa. Estudios previos han demostrado que elementos como el Cadmio, el Plomo y el Bario, una vez que ingresan al sistema agrícola, pueden permanecer allí por décadas. En el Perú, y específicamente en la selva alta, los suelos suelen presentar condiciones de acidez que exacerban la movilidad de estos elementos. Por ello, evaluar el estado de los suelos en Cachicoto no es solo un ejercicio académico, sino una urgencia ambiental para determinar si

estamos frente a un escenario de pasivos ambientales agroquímicos que podrían comprometer la seguridad alimentaria a mediano plazo.

La presente tesis, titulada “**Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón**”, se estructura metodológicamente para abordar este fenómeno desde varias dimensiones. No se limita a la búsqueda de una molécula específica, sino que analiza el comportamiento integral del suelo ante la presión antrópica. Para ello, se han considerado parámetros fisicoquímicos fundamentales como el pH, la materia orgánica (COT) y la conductividad eléctrica, contrastándolos con la presencia de metales pesados y residuos de plaguicidas en dos momentos distintos del año, permitiendo observar cómo el factor climático influye en la concentración de estos agentes.

El contenido de este documento se organiza de manera lógica y secuencial para facilitar su comprensión. En el **Capítulo I**, se expone la realidad problemática, delimitando los objetivos que guían este estudio y justificando por qué es vital realizar esta evaluación en el contexto actual del Monzón. El **Capítulo II** ofrece un soporte teórico robusto, donde se revisan antecedentes nacionales e internacionales que sirven de espejo para comparar nuestros hallazgos, además de definir las bases conceptuales sobre la química de los herbicidas y la toxicología de los metales en el suelo.

El **Capítulo III** detalla la ruta metodológica, describiendo los puntos de muestreo georreferenciados en Cachicoto, las técnicas de laboratorio empleadas (como el ICP para metales) y el tratamiento estadístico de los datos. En el **Capítulo IV**, se presentan los resultados crudos y procesados mediante el software SPSS, revelando hallazgos que, en muchos casos, desafían las expectativas iniciales sobre la limpieza de los suelos agrícolas. Finalmente, en el **Capítulo V**, se desarrolla una discusión profunda que conecta nuestros datos con la teoría, derivando en conclusiones críticas y recomendaciones prácticas destinadas a agricultores, autoridades y futuros investigadores.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el marco internacional, el modelo actual de explotación agrícola se halla generalmente asociado al uso de agroquímicos, siendo los herbicidas los más usados, seguido de los fertilizantes, insecticidas y otros. En el caso de los herbicidas, tienden a ser la principal opción a la hora de aplicar un control de malezas en los suelos, dado que estas malezas pueden reducir de hasta un 30% en la producción agrícola. El glifosato es el herbicida más aplicado en los cultivos, siendo su mayor uso en Sudamérica; mientras que, en Norteamérica es el paraquat, no obstante, estudios han reportado que ambos herbicidas contaminan los suelos, dado a las alteraciones químicas, físicas y biológicas del suelo (González y Fuentes, 2021).

En la misma línea, en los países desarrollados el empleo de herbicidas para el manejo de malezas es muy eficaz, debido a la propagación continua de malezas en tierras y campos de cultivo; no obstante, muchas de estas malezas han resultado ser resistentes a los herbicidas, por ello es que aplicación es frecuente para conseguir tal efectividad (Pérez et al., 2021). Sin embargo, los herbicidas representan uno de los problemas que afectan el ambiente dado a su capacidad para penetrar en las vías metabólicas de las plantas y los microorganismos, más aún cuando su uso es frecuente, dado que su frecuencia puede causar contaminación química severa en los cultivos (Mendarte et al., 2021).

Además, el uso del herbicida como el glifosato tiende a causar impactos en la salud y también impactos ambientales, dado que cuando es usado en el suelo, las plantas lo absorben mediante sus hojas, pero en ocasiones suele quedarse en el aire y al ser inhalado resulta perjudicial para su salud, causando enfermedades respiratorias e intestinales; mientras que, en los cultivos sus efectos son el marchitamiento y muerte de algunos cultivos (Meneses, 2022). Asimismo, el excesivo uso del glifosato al buscar eliminar

las malezas que compiten con los cultivos ha producido alteraciones (impactos) en las tierras, contaminación de acuíferos y daños a la salud, dado que, según la OMS en el 2024 informó que, el glifosato es cancerígeno para animales y posiblemente también para humanos, debido que su impacto puede causar irritaciones dérmicas y oculares (Herrera, 2024).

En el escenario nacional, en los últimos años, muchos agricultores han visto daños en sus producciones, principalmente en sus cultivos agrícolas, no sólo por los impactos ambientales, sino por el uso de irregulares cantidades de plaguicidas y el limitado conocimiento del potencial de contaminación que causan estas sustancias en sus cultivos, como en su salud. Además, los plaguicidas al ser resistentes por muchos años en el ambiente y su contaminación permanecen en el suelo, agua, plantas y animales, generan daños a la salud y a los suelos agricultores (Castro y Castillo, 2024).

Asimismo, en el Perú, la agricultura convencional tiende a afectar severamente la calidad del suelo, también modifica su capacidad y la intensidad productiva agrícola afecta en el desgaste de valor de otros servicios ecosistémicos hasta en un 33%, dado a la contaminación, salinización, compactación y otras causas; además, el 52% de las tierras agrícolas en el país se ve afectada por una degradación severa debido a la presencia de herbicidas en el suelo; sin embargo, el abuso de agroquímicos viene siendo un problema que afecta la calidad ambiental del suelo, dado que es muy usado por muchos agricultores (Huillca y Tuco, 2022).

A nivel regional, un estudio reveló que, en la provincia de Pachitea en Huánuco, muchos agricultores fueron afectados por la degradación de sus suelos agrícolas debido a los cambios climáticos y por el uso de ciertos agroquímicos y herbicidas colocados sobre sus suelos, siendo los cultivos de papa los suelos más afectados. Asimismo, la aplicación de fertilizantes sintéticos afectó a más de 8 625 agricultores, quienes usaron estos químicos sobre sus cultivos, viéndose afectados por la amplia contaminación a causa de la presencia de herbicidas en zonas agrícolas (Modesto, 2023).

El Centro Poblado de Cachicoto, ubicado en el distrito de Monzón, afronta una problemática ambiental que se encuentra derivada del empleo continuo de agroquímicos en cuanto a la producción agrícola. El empleo recurrente de compuestos químicos que cuentan con propiedades herbicidas ha generado acumulación de este tipo de compuestos en los suelos, pudiendo deberse a la carencia de regulación en términos de su uso, desconocimiento acerca de los efectos que puede llegar a tener en el largo plazo y la carencia de alternativas más sostenibles en cuanto a las prácticas agrícolas. Como resultado de ello, la persistencia de este tipo de compuestos en el suelo puede llegar a modificar sus propiedades fisicoquímicas, alterando con ello, su fertilidad y afectando el equilibrio biológico del ecosistema. Así mismo, la posible filtración hacia fuentes hídricas puede representar un riesgo significativo para la biodiversidad y la salud humana. Dentro de esta situación, es que los principales problemas tienden a depender de la probable alteración en cuanto a la calidad del suelo, potencial afectación de cultivos y exposición de la población hacia residuos de estos compuestos. Así mismo, es que la continuidad de este tipo de prácticas sin que se cuente con un adecuado control podría agravar la situación, complicando la sostenibilidad de la actividad agrícola en la zona.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel de contaminación de los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto, distrito de Monzón, en función de sus parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados durante el año 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son las características fisicoquímicas de los suelos agrícolas en el área de estudio?

¿Cuál es la concentración de metales pesados en los suelos agrícolas de Cachicoto?

¿Cómo se distribuye el grado de contaminación del suelo en los puntos de muestreo?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el nivel de contaminación de los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados durante el año 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo (pH, humedad, carbono orgánico total y sales disueltas).

Cuantificar la concentración de metales pesados presentes en el suelo.

Analizar la variabilidad del grado de contaminación en los puntos evaluados.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio mantuvo una conexión directa con el **Objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 15**, el cual se centra en buscar la protección y la restauración de diferentes ecosistemas terrestres. La posible afectación de los suelos agrícolas podría llegar a comprometer la capacidad que el suelo tiene de alcanzar la regeneración natural, complicando no solo la conservación de la biodiversidad en la región, sino que pudiendo generar un deterioro progresivo en los suelos afectados, repercutiendo en la seguridad alimentaria de la población, en donde se complica no solo el alcance de las metas vinculadas con el manejo de recursos naturales, sino que vuelve aún más complicado el proceso de mitigación de la degradación del suelo.

El uso extendido de determinados compuestos químicos en la agricultura puede llegar a generar preocupaciones dentro de la comunidad, principalmente entre aquellos que dependen de la producción de cultivo como

fuentes de sustento. La posible acumulación de residuos en los suelos no solo puede comprometer la calidad de los suelos de cultivo, sino que ello deriva a generar afectaciones directas en la salud que mantiene la **sociedad** que se encuentra en contacto con las áreas afectadas. Además, las comunidades rurales, al carecer de acceso inmediato hacia alternativas menos perjudiciales, pueden afrontar dificultades para que se mitiguen los efectos derivados hacia el uso prolongado de herbicidas.

Los residuos químicos liberados en el entorno agrícola pueden permanecer por periodos bastante prolongados, alterando sus propiedades y reduciendo la biodiversidad del ecosistema. La prevalencia prolongada de este tipo de compuestos no solo puede alterar los procesos biogeoquímicos fundamentales en cuanto a la regeneración natural del suelo, sino que ello afecta la productividad agrícola en el largo plazo. Desde la **justificación ambiental**, la escorrentía que se genera por las precipitaciones puede facilitar su capacidad de traslado hacia fuentes hídricas cercanas, aumentando la posibilidad de que se generen efectos negativos en la flora y fauna acuática, evidenciando un riesgo claro hacia la sostenibilidad ambiental en la zona de estudio.

La **importancia** del estudio radicó en la posibilidad de que se pudo obtener información que llegue a ser empleada en la identificación de riesgos relacionados con la acumulación de sustancias químicas en suelos agrícolas. Este tipo de valoraciones permitió comprender la forma en la que estas sustancias afectaron no solo la estructura, sino la composición del suelo a lo largo del tiempo. Además, el conocimiento de su distribución y persistencia posibilitó alertar referente a los posibles efectos adversos en la producción agrícola y en la salud humana, principalmente en aquellas comunidades que dependen de forma directa de estos suelos como sustento principal.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación contribuyó la expansión del conocimiento teórico respecto a la incidencia de compuestos químicos en la calidad del suelo agrícola, permitiendo que se puedan contrastar hallazgos previos con

datos específicos dentro de la región valorada. La disponibilidad de información en cuanto a la presencia de herbicidas dentro del entorno podría beneficiar en aportar elementos clave para comprender los efectos de la estructura del suelo, considerando a variables como degradación, retención o movilidad de compuestos. Además, la evidencia obtenida fortaleció el debate académico que se tiene hoy en día, en base a la persistencia de determinados productos en el ambiente y su comportamiento en diferentes condiciones edafoclimáticas.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El conocimiento obtenido por medio del presente estudio sirvió como referencia para demás investigaciones que se encuentren orientadas hacia la valoración de la persistencia de sustancias químicas en los suelos y el efecto que se llega a tener sobre el ecosistema agrícola. La recolección y procesamiento de datos permitió generar información relevante que podría ser empleada por entidades que se dedican a la regulación del uso de agroquímicos, facilitando de este modo, la toma de decisiones en materia ambiental. Además, desde un ámbito justificatorio práctico, los resultados brindaron bases técnicas para el desarrollo de programas destinados hacia la minimización de la presencia de residuos perjudiciales en los suelos productivos.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para abordar la problemática planteada, se empleó una metodología basada en el recojo y análisis de información documental, proveniente de los ensayos de laboratorio realizados, con la finalidad de poder valorar la presencia y la distribución de residuos químicos en suelos agrícolas. La selección de esta consideración metodológica permitió que se acceda a registros de carácter técnico que evidencien la concentración de sustancias en el ambiente, brindando un análisis detallado de la realidad de estudio, estableciendo con ello, un panorama claro de la persistencia de estos compuestos en el tiempo y la relación que pueden tener con las prácticas agrícolas recurrentes en la zona de

estudio.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron algunas limitaciones relacionadas con la obtención y procesamiento de la información necesaria para la evaluación de los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto. Una de las principales dificultades estuvo asociada al acceso a información histórica sobre el uso y manejo de agroquímicos en las parcelas evaluadas, debido a que gran parte de esta información dependía de los registros y declaraciones proporcionadas por los propios agricultores, los cuales no siempre contaban con documentación detallada sobre la frecuencia, dosis y tiempo de aplicación de los productos utilizados en sus cultivos.

Asimismo, se presentaron limitaciones vinculadas a la disponibilidad de métodos analíticos en los laboratorios consultados para la determinación de determinados compuestos inicialmente considerados en la investigación. Esta situación hizo necesaria la adecuación de algunos procedimientos analíticos de acuerdo con la capacidad técnica disponible, manteniendo los criterios de calidad requeridos para el desarrollo del estudio y la obtención de resultados confiables.

Por otro lado, las actividades de muestreo estuvieron sujetas a las condiciones de accesibilidad propias de la zona de estudio. Las características geográficas y la distribución de las parcelas agrícolas demandaron mayores tiempos de desplazamiento y coordinación con los propietarios de los terrenos, lo que condicionó la programación de las campañas de campo y la recolección de muestras en los puntos previamente establecidos.

Finalmente, debe considerarse que las características naturales del suelo y las prácticas agrícolas desarrolladas en cada parcela pueden generar variaciones espaciales en los parámetros evaluados. En consecuencia, los resultados obtenidos representan las condiciones observadas durante el periodo de estudio y constituyen una referencia para futuras investigaciones orientadas al monitoreo ambiental de los suelos agrícolas de la zona.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio será totalmente viable, debido a que fue autofinanciado por parte del investigador, en cuanto a recursos propios, académicos y referentes al potencial humano del investigador en sí mismo; así como, el asesor de investigación.

En referencia con la viabilidad técnica, el investigador gozó de una constante preparación y capacitación en cuanto a la temática de estudio, como parte de la lectura bibliográfica y uso de citas de alto valor que contribuyan al desarrollo del estudio. En cuanto a la viabilidad económica, la totalidad del estudio fue solventado por el investigador, involucrando con ello todo tipo de gasto referente directamente con el proceso de recojo de datos, análisis y tramitación de documentación. Además, la viabilidad ambiental del estudio evitó en todo momento que la realización del recojo de muestras pueda afectar de alguna forma al medio ambiente, al tratarse de un estudio no experimental.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Velázquez et al. (2023), México, evaluaron: “Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional”, en la Universidad Nacional Autónoma de México; plantearon como **objetivo**: analizar la influencia de contaminación del suelo y agua por herbicidas y residuos industriales. Para ello, su **metodología** fue analítica, descriptiva, su enfoque correspondió al tipo cualitativo, dado que analizó distintos artículos, consideró el análisis documental para la adquisición de información acorde a la temática en análisis, cuyas fuentes de información tomada provinieron de bases de datos confiable como Scopus, web of science y otras. Del mismo modo, los **resultados** fueron: el uso descontrolado de fertilizantes, pesticidas y demás herbicidas contaminan los elementos, propiedades, organismos y parámetros del suelo y del agua, además, desequilibra el ecosistema; frente a ello, señalaron que, es importante optimizar lo referente a las técnicas agrícolas, así como sus políticas a fin de mejorar y conservar la salud y también el medio ambiente; además, uno de los problemas más representativos es el riego mediante aguas residuales y a través del empleo de elementos químicos para potenciar el crecimiento de los cultivos, resultando crucial en el aumento de la toxicidad del suelo, así como peligro para los pobladores consumidores de estos cultivos. Además, llegaron a **concluir** que, los herbicidas influyen en la contaminación del suelo y agua cada vez que su uso es descontrolado y en las cantidades incorrectas.

Herrera y Picado (2023), Costa Rica, definieron: “Evaluación de herbicidas pre emergentes para el control de arvenses en camote”, en la Universidad de Costa Rica; definieron como **objetivo**: evaluar los

herbicidas sobre el control de arvenses en el cultivo de camotes. Igualmente, la **metodología** fue descriptiva, su diseño correspondió al experimental, dado que se analizó bloques completos al azar, cada uno con 7 tratamientos y 4 repeticiones, además, emplearon esquejes de 4 a 5 nudos de la diversidad de camote, cuya densidad fue de 22 222 plantas por hectárea; es por ello que, el experimento de este estudio se efectuó durante 4 meses. Asimismo, los **resultados** fueron, la mezcla metribuzin + clomazone correspondió al método químico más eficaz, dado que en 75 días luego de la aplicación mostró arvenses de hoja ancha equivalente a 93%, poáceas de 95% y lo que respecta a Commelinaceae fue del 100%, con un 4% de cubierta de arvenses y una producción comercial de 13,5 t.ha⁻¹. Además, dicha mezcla metribuzin + clomazone reflejó una capacidad comercial igual al deponente con deshierbas (14,1 t.ha⁻¹). El metribuzin originó leves daños en las plantas de camote, no obstante, estas se recuperaron a los 15 días luego de la colocación, para ello, la existencia de arvenses en el ciclo del cultivo disminuyó en un 89% la producción de camotes comercializados. Por ello, su **conclusión** fue que, los herbicidas en cantidades incorrectas pueden dañar los cultivos agrícolas, pero ello es que su uso debe ser en las cantidades permitidas.

González y Fuentes (2022), México, realizaron: “Dinámica del glifosato en el suelo y sus efectos en el microbiota”, en la Universidad Autónoma Metropolitana; establecieron como **objetivo**: analizar la dinámica del glifosato en el suelo y sus efectos sobre el microbiota. Al respecto, su **metodología** que desarrollaron fue analítica, descriptiva, cuyo enfoque correspondió al cualitativo, consideró la aplicabilidad del análisis documental de diversas fuentes (artículos) bibliográficas. Para ello, sus **resultados** fueron: el glifosato suele alterar el crecimiento, así como la actividad metabólica microbianas del suelo, además, este herbicida (glifosato) suele alcanzar concentraciones hasta de 4000 µg/kg en las plantas, afectando y degradando así la calidad de los suelos; además, el glifosato tiene variados efectos en los hongos, entre estos la separación de la actividad micorrízica, siendo esto evidenciado en la

nutrición vegetal, así como en la rizósfera; asimismo, el resultado del glifosato sobre especies de lombrices de tierra y, en el escenario del principio precautorio, tiende a confirmarse que es tóxico para estos, debido a que daña su actividad crucial generadora de la calidad del suelo y el crecimiento vegetal. Establecieron en su **conclusión** que, la agricultura tecnificada hoy en día viene usando desmedidamente insumos agrícolas (herbicidas), de estos el glifosato es el más empleado, cuyos efectos son negativos en el suelo.

Gil et al. (2022), México, determinó: “Toxicidad aguda del herbicida paraquat en *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) y *Macrobrachium olfersii* (Palaemonidae)”, en el Tecnológico Nacional de México; determinaron como **objetivo**: estudiar la toxicidad aguda del herbicida Paraquat y sus efectos en la calidad del suelo y actividad agropecuaria. Igualmente, su **metodología** fue aplicada, descriptiva, experimental, consideró la aplicabilidad de la observación; además, emplearon 5 concentraciones equivalente a (5, 10, 20, 40 y 80 $\mu\text{L L}^{-1}$ para el primer bioensayo y para el otro bioensayo las concentraciones fueron de (0,1, 0,2, 0,5, 0,7 y 1 $\mu\text{L L}^{-1}$); el diseño correspondió al experimental, dado que aplicaron un control negativo, con 2 repeticiones y por tratamiento usaron dos réplicas. Para ello, los **resultados** llegaron a reflejar que, muchos de los agricultores y agropecuarios desconocen los efectos de toxicidad que el herbicida puede causar, más aún si estos superan las concentraciones permisibles, siendo así que, adicionar 174,9 ml de Dasurquat para un tanque de 10 000 L puede afectar al 50% de los organismos; además, debe considerarse todos los factores implicados en el empleo y práctica de este tipo de herbicidas desde un aspecto integral, lo que contiene a los responsables de estos agroquímicos, las características productivas de sus cultivos, así como las condiciones socioeconómicas, al igual que su cómo su negativo efecto en el ambiente y salud. Los datos alcanzados aportan un marco referencial para seguir con el estudio del efecto toxicológico de este herbicida. Por ello, establecieron en su **conclusión** que, el uso de herbicidas impacta negativamente en los cultivos, ambiente, así como en la salud pública.

Gómez et al. (2022), Colombia, determinaron: “Destino ambiental y efectos ecológicos de los tres herbicidas más utilizados en Colombia”, en la Universidad de Antioquia; plantearon como **objetivo**: analizar los efectos ambientales y ecológicos por la concentración de herbicidas. Para ello, desarrollaron una **metodología** descriptiva, analítica, bibliográfica, consideró la aplicabilidad de una revisión sistemática, dado que se analizó la base de datos del National Pesticide Information Center (NPIC) para adquirir información e interpretar las propiedades fisicoquímicas de los herbicidas, los informes de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) se analizaron para adquirir información sobre la toxicidad aguda de los herbicidas. En cuanto a los **resultados**, demostraron que, los tres herbicidas más usados en los suelos son el glifosato cuyo volumen de ventas es de 38.271.506 kg, propanil 5.183.609 kg y el glufosinato de amonio en 5.713.869, cuyos efectos son altamente negativos por sus altos niveles de contaminación; además, el al propanil, pese a que se asimila rápido en pocas horas ante escenarios aeróbicas metabólicamente activas, similar al glifosato es demasiado dañino para anfibios, el propanil es pero en exposiciones agudas para camarones. Asimismo, puede ser tóxico indirectamente a todos los cuerpos acuáticos debido a la reducción rápida del oxígeno disuelto en agua, por ello, resulta crucial efectuar evaluaciones de riesgo respecto al uso de estos plaguicidas, no sólo al ser aplicadas en el suelo, sino también en el agua. Definieron en su **conclusión** que, la elevada concentración de contaminación sobre el suelo y agua por el uso de herbicidas afecta el ambiente, la salud y reproducción de especies acuáticas.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Enríquez et al. (2024), San Martín, determinaron: “Concentraciones de glifosato y 2,4-diclorofenoxiacético en granos, hojas y suelos en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región San Martín, Perú”, en la Universidad Nacional de San Martín; definieron como **objetivo**: evaluar las concentraciones de glifosato y diclorofenoxiacético en suelos

agrícolas de cacao. Frente a ello, su **metodología** efectuada fue descriptiva, cuantitativa, consideró la aplicabilidad de la observación hacia las diferentes muestras de cultivos de cacao de la provincia de Lamas, las cuales se examinaron por medio de la cromatografía líquida, en la cual se halló concentraciones de glifosato en suelos entre 0,175 - 0,593 ppm. Además, los **resultados** fueron: se halló concentraciones notables de glifosato en suelos entre 0,1751 y 0,5925 ppm; en las hojas de cacao fue de 0,0015 y 0,2639 ppm; en los granos secos de cacao se halló 0,0427 y 0,5518 ppm de glifosato; empero, fue de 0,2248 hasta 0,7201 ppm las concentraciones de diclorofenoxiacético; asimismo, en granos secos de cacao el parámetro equivalió desde 0,0708 hasta 0,6491 ppm, también se determinó que existen contrastes significantes ($p < 0.05$) entre las proporciones de glifosato y 2,4-diclorofenoxiacético en tierras, hojas, así como en este tipo de granos. Mejorando que las cantidades de glifosato y 2,4-diclorofenoxiacético hallados en granos en el 93,75% de las zonas prevalecen los LMR que dispone la norma técnica No 128-2016DIGESA que corresponde de 0,1 ppm para tales sustancias. Establecieron en su **conclusión** que, las concentraciones de estos herbicidas suelen incidir en la productividad de los suelos agrícolas.

Castro y Castillo (2024), Trujillo, realizaron: “Contaminantes orgánicos persistentes: Impactos y medidas de control”, en la Universidad Nacional de Trujillo; establecieron como **objetivo**: analizar los contaminantes orgánicos persistentes (COP) y sus efectos en los suelos agrícolas. Asimismo, trabajaron una **metodología** descriptiva, bibliográfica, cualitativa, consideró la aplicabilidad de una revisión sistemática, dado que examinaron los impactos en la salud al igual que en los componentes del ambientales, además, dicha revisión destacó las medidas para contrarrestar los efectos del COP, cuya fuente de información derivó de bases de datos confiables. Referente a los **resultados**, estos evidenciaron que, los COP son sustancias muy resistentes a la degradación por lo que permanecen muchos años en el ambiente, dañado los organismos vivos que el suelo requiere para su

producción; además, la eliminación de la contaminación en tierras y/o cultivos dañados por lindano se consigue mediante el empleo de métodos, entre estos la hidrólisis alcalina, deshidrocloración, la hidrogenólisis, así como con la carbonización, las cuales son reconocidas como las representativas formas de degradación del lindano en la tierra; asimismo, los materiales compuestos con grafeno, incluso el óxido de grafeno y de grafeno reducido, los nanocompuestos de polímeros a base de grafeno y los híbridos metálicos de nanopartículas de este material, se han transformado en recursos significantes en tecnologías energéticas y de remediación ambiental. Para la remediación de suelos contaminados con plaguicidas mediante el uso de. Finalmente, **conclusión** fue que los COP al ser sustancias químicas, suelen ser sustancias tóxicas dañinas para los cultivos agrícolas, así como para la vida humana.

Navarro et al. (2024), San Martín, determinó: “Glifosato y diclorofenoxiacético en cultivos de cacao”, en la Universidad Peruana Unión; propusieron como **objetivo**: se enfocó en analizar la contaminación por concentración de glifosato y su influencia en la calidad de los suelos de cultivo. Para ello, desarrollaron una **metodología** aplicada, descriptiva, transversal, no experimental, además, la información recabada derivó de la observación aplicada a las muestras de cacao, estas muestras arrojaron las concentraciones de glifosato hallado en los suelos de cultivo que fueron analizados. Adicionalmente, los **resultados** llegaron a exponer que, el 36% dijo que el uso de plaguicidas daña sus cultivos; el 39% dijo que a veces usan químicos con concentraciones muy tóxicas; el 45% usa también productos orgánicos para sus cultivos; el 42% señaló que los agroquímicos usados en sus cultivos contienen niveles de toxicidad. Asimismo, a pesar de que los pesticidas contribuyen a proteger la planta del cacao, estos también generan involuntariamente contaminación ambiental. Los productores de cacao usan herbicidas, principalmente glifosato y ácido 2,4-diclorofenoxiacético, para controlar las malezas, no obstante, su aplicación y utilización resulta ser muy tóxico para los macrófitos

naturales; el ácido 2,4-diclorofenoxiacético usado inadecuadamente en la agricultura contamina ampliamente el suelo, agua y vegetación. Finalmente, llegaron a **concluir** que, entre las variables sí hay influencia directa y significativa.

Estremadoyro (2022), Lima, realizó: “Impacto de la toxicidad de los residuos sólidos generados por plaguicidas”, en la Universidad Científica del Sur; definió como **objetivo**: evaluar el impacto de la toxicidad de los residuos sólidos en los cultivos causados por el uso de plaguicidas. Del mismo modo, efectuó una **metodología** analítica, descriptiva, cualitativa, consideró la aplicabilidad de un análisis documental a 34 investigaciones, dado que aplicó una indagación exhaustiva de literatura tanto en español como en inglés de bases de datos confiables, se obtuvo fuentes de investigaciones científicas sobre las variables analizadas. En cuanto a los **resultados**, expuso que, la literatura examinada reveló que los plaguicidas y herbicidas representan un riesgo latente debido a los residuos que genera su aplicación, cuyos daños suelen alterar la calidad de los suelos, el ambiente y también la salud pública. Asimismo, el tratamiento respecto a las vasijas de los plaguicidas es de sumamente crucial, impidiendo siempre su quema informal en zonas exteriores, así como suscitando una buena gestión para lo que viene a ser su tratamiento y/o reutilización específica para acumular más plaguicidas. Determinó en su **conclusión** que, los residuos sólidos del uso de plaguicidas impactan en los cultivos y el ambiente, por ello, su uso debe ser correctamente, bajo las consideraciones establecidas, a fin de evitar negativos efectos.

Aguilar y Cubas (2021), Cajamarca, determinaron: “Contaminación de suelos por el uso de aguas residuales”, en la Universidad Nacional Autónoma de Chota; determinaron como **objetivo**: evaluar la contaminación de los suelos agrícolas por el uso de aguas residuales. Para ello, realizaron una **metodología** explicativa, descriptiva, cualitativa, consideró la aplicabilidad de la observación en 5 muestras de suelos, además, al ser de tipo experimental que consideró 5 muestras

de suelos de cultivo, a fin de verificar el potencial de los indicadores; para la adquisición de muestras emplearon bolsas especiales que posteriormente fueron llevadas al laboratorio para su valoración respectiva. Igualmente, los **resultados** llegaron a demostrar que, la mayoría de las muestras reflejaron tener concentraciones que superan los componentes químicos permitidos por la FAO, además, los elementos y compuestos químicos como el P, K, C, N. y Materia Orgánica almacenado en los suelos exhiben deficiencias en su clasificación normal de los tipos de terrenos, es por ello que, deben ser tratados, a fin de hacerlo idóneo para uso agrícola. Asimismo, el análisis mecánico de los suelos muestra que son arcillosos, francos arenosos debido a que sus valores están fundados con las medidas fijadas por la FAO. La suma de cationes de las tierras evidencia que su disponibilidad es alta para el cultivo de plantas, no obstante, el exceso de químicos deriva del uso de las aguas residuales, las cuales han contaminado a los suelos. Según lo mencionado, su **conclusión** fue, el aumento de pH en los suelos ha generado que estos suelos se vuelven alcalinos, por lo que no han desempeñado sus funciones normales que requieren para su producción.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Llanos (2023), Huánuco, determinó: “Contaminación por metales pesados de la microcuenca del río alto Huallaga y suelos agrícolas del área de influencia en Huánuco – 2022”, en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan; propuso como **objetivo**: determinar el nivel de contaminación por metales pesados que tuvieron las aguas y los suelos de una cuenca que sirvió para la agricultura. La **metodología** fue de tipo aplicada, el nivel fue el descriptivo, cuyo enfoque correspondió al cuantitativo, se analizaron siete muestras de suelo de 10 (Kg) cada una, las cuales fueron llevadas a laboratorio para ser examinadas; aplicó el análisis bibliográfico para la obtención de los datos. Los **resultados** han demostrado que, los niveles que se han tenido en el área de estudio, en términos de contaminantes, estuvieron caracterizados por cadmio,

plomo y cobre, alcanzando valoraciones superiores hacia los límites permisibles. Además, en las muestras de agua, se encontraron valores de Cd entre 0.002 y 0.004 mg/L, Pb entre 0.07 y 0.09 mg/L y Cu entre 1.8 y 2.7 mg/L. En suelos, los niveles de Cd oscilaron entre 0.06 y 0.07 mg/Kg, Pb entre 0.5 y 0.9 mg/Kg y Cu entre 2.3 y 2.5 mg/Kg, asimismo, tales metales fueron hallados en los tramos en las aguas del río de los diversos tramos, y los resultados de los suelos de los tramos indicados en las riberas del río. Ante ello, se halló problemas sanitarios en la salud y en los cultivos, debido al consumo del agua del río y por su uso como regadío de los campos de agrícolas. Según lo expuesto, su **conclusión** fue, la presencia de metales pesados contaminación el río y su uso afecta los cultivos directamente.

Hinostroza (2024), Huánuco, realizó: “Efecto de microorganismos eficientes en la fitorremediación de cadmio por Zea mays L. en suelo contaminado de Sincos, 2021”, en la Universidad Continental; estableció como **objetivo** fue: determinar el efecto que ha tenido el uso de microorganismos eficientes en la fitorremediación de cadmio de suelos que se han encontrado contaminados. Para ello, su **metodología** fue de enfoque cuantitativo, en donde la muestra se encontró conformada por 5kg de suelo, recuperando la información mediante guías de observación, dado que se revisaron y analizaron los registros de laboratorio. Además, Los **resultados** han señalado que el factor de bioconcentración aérea, radicular y total aumentó en un 10% de microorganismos eficientes, encontrando diferentes significativas entre tratamientos desde 0% al 10% de concentraciones de Zea mays L.; asimismo, la altura de planta, así como la materia seca aérea fueron superiores en un 5% de microorganismos eficaces (ME). La longitud y la materia seca del producto no mostró significancia estadística entre procedimientos. La capacidad de Cd en el suelo en la finalización del experimento redujo en un 23.5% con 10% de ME, sin notables contrastes con los otros procesos. La **conclusión** a la que se llegó expuso que la altura de la planta y la materia seca aérea fueron significativamente superiores con el 5 % de microorganismos.

Zambrano (2024), Huánuco, realizó: “Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de ambo – Huánuco”, en la Universidad Nacional del Altiplano, definió como **objetivo**: evaluar el efecto que ha tenido la aplicación de biofertilizantes en el suelo y el rendimiento de suelo agrícola destinado hacia la siembra de maíz morado. La **metodología** fue de diseño experimental, el cual se encontró conformada por una muestra de 30 parcelas, donde cada una tenía 12 plantas de maíz, obteniendo información mediante la guía de observación, la cual permitió analizar a profundidad los efectos de los biofertilizantes en los cultivos. Los **resultados** han señalado que, el biofertilizante Biofit mejoró de manera significativa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, aumentando hasta 12.42 meq/100 g., además, el tratamiento T4 (INIA 601 + EMA) evidenció valores muy altos respecto al rendimiento del maíz morado, lo que correspondió a 6520.88 kg/ha, considerando las tres jerarquías comerciales. Aparte de la variedad de maíz morado lo que respecto el EMA fue el que también mostró resultados demostrativos. Los otros mecanismos referentes al rendimiento del cultivo fueron influenciados de forma positiva mediante la aplicación de los biofertilizantes. Además, la **conclusión** fue que, el tratamiento T7 fue el responsable de un mayor nivel de rendimiento del maíz morado de primera categoría (4285.59 kg/ha).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONCENTRACIÓN DE RESIDUOS DE HERBICIDAS

La dimensión concentración de residuos herbicidas en suelos agrícolas llega a ser considerado como un indicador fundamental para la valoración de persistencia y posible bioacumulación de este tipo de compuestos en el medio ambiente. La persistencia de glifosato, propanil y 2.4 D en muestras de suelo, llega a depender en gran medida de factores relacionados con la frecuencia de aplicación, características edafológicas y las condiciones del clima. Además, la adsorción y la lixiviación de este tipo de compuestos puede incidir en la movilidad,

afectando con ello, su grado de distribución en diferentes capas del suelo y su potencial impacto en diferentes organismos edáficos (Chen et al., 2023).

De igual forma, es que la cuantificación de estos residuos llega a verse realizado por medio de técnicas analíticas avanzadas, como la cromatografía de líquidos o gases, permitiendo que se detecte la concentración en el rango de mg/kg. La degradación de este tipo de agroquímicos no siempre llega a ser completa, sino que se puede evidenciar la acumulación de metabolitos con posible grado de toxicidad. Además, la interacción con demás compuestos presentes en el suelo, como materia orgánica o minerales, puede alterar la biodisponibilidad y afectar la persistencia en el ecosistema agrícola (Cui et al., 2023).

A su vez, la presencia de estos compuestos en suelos cultivables puede generar efectos adversos en la fertilidad y en la calidad de los productos agrícolas. Altos niveles de residuos pueden impactar negativamente en la microbiota del suelo, alterando procesos fundamentales como la mineralización de nutrientes. Asimismo, el uso prolongado de estos herbicidas incrementa el riesgo de contaminación secundaria de fuentes hídricas cercanas debido al escurrimiento y la lixiviación, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo (Gravert et al., 2021).

2.2.1.1. PERSISTENCIA DE HERBICIDAS EN EL SUELO

La dimensión persistencia de herbicidas en el suelo se encuentra determinada por el tiempo necesario que se tiene en su degradación y eliminación, lo que incide en su impacto ambiental y residualidad de cultivos. La vida media de este tipo de compuestos llega a depender de sus propiedades químicas y las condiciones edafoclimáticas. En cuanto al glifosato, su descomposición puede llegar a extenderse por diferentes días o semanas, dependiendo de la actividad microbiana y la humedad del suelo que se tiene a disposición (Hu y Chen, 2023).

En suma, el propanil llega a presentar una menor estabilidad en comparación con demás herbicidas, con tiempos de degradación cortos, aunque se debe de reconocer que su transformación puede generar metabolitos con toxicidad potencial. La proporción de residuos detectados tras 30 días llega a variar en dependencia de la textura del suelo, temperatura y presencia en materia orgánica, siendo factores que inciden en la adsorción y descomposición de compuestos (Li et al., 2022).

Junto con ello, es que la acumulación de este tipo de químicos puede llegar a derivar en efectos adversos para la productividad agrícola, esto se debe a que su permanencia prolongada puede alterar el equilibrio de microorganismos que son fundamentales para que se garantice la fertilidad del sustrato. La monitorización de su concentración y aplicación estratégica sostenible es altamente importante para que se minimice la contaminación y evitar de este modo, impactos negativos en la salud del ecosistema edáfico (Li et al., 2024).

2.2.1.2. ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS ASOCIADOS A HERBICIDAS

Así mismo, la dimensión acumulación de metales pesados asociados a herbicidas deja en evidencia la problemática ambiental que puede llegar a afectar de manera significativa la calidad del sustrato y la capacidad de producción que se puede alcanzar. Elementos como el plomo, el cromo VI y el cadmio pueden encontrarse presentes en formulaciones agroquímicas o liberarse mediante la interacción que se alcance a tener con el suelo. Su persistencia y toxicidad encuentra dependencia en factores como el PH, textura que tiene el suelo o la disponibilidad que alcance en términos de materia orgánica, incidiendo en la biodisponibilidad y movilidad (Li et al., 2021).

En paralelo, la prevalencia de este tipo de metales en el suelo

agrícola puede derivar en su absorción por parte de las plantas, incrementando con ello el riesgo de contaminación en toda la cadena alimentaria. La acumulación de cromo VI, por ejemplo, puede representar una amenaza debido a la toxicidad y la capacidad de alteración de los procesos fisiológicos en organismos vivos. La movilidad de este tipo de elementos en el perfil del suelo se ve incidido por procesos de adsorción con compuestos orgánicos o inorgánicos (Lu et al., 2021).

Encima de ello, es que la interacción de este tipo de contaminantes con demás compuestos presentes en el ambiente puede potenciar su efecto negativo alcanzado en la biota del suelo. La disponibilidad que se alcanza a tener de los metales pesados en parcelas que fueron expuestas a herbicidas sintéticos puede afectar la actividad microbiana y la reducción de fertilidad del suelo en el largo plazo. Por este motivo, es que el monitoreo constante y el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles son estrategias fundamentales para la mitigación del impacto ambiental (Nakagawa et al., 2024).

2.2.2. CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

La variable contaminación de suelos agrícolas se llega a producir cuando elementos químicos, residuos agroindustriales o compuestos tóxicos se llegan a acumular en concentraciones que afectan la calidad del sustrato y la funcionalidad ecológica. El empleo excesivo de herbicidas, fertilizantes y pesticida aumenta la presencia de sustancias nocivas que puedan llegar a alterar la biodiversidad del suelo, modificando sus propiedades fisicoquímicas y afectando de esta forma, la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos (Oanh et al., 2023).

En dicho escenario, es que los contaminantes pueden ingresar al suelo por medio de diferentes vías, como la aplicación directa, escorrentía o deposición atmosférica. La persistencia de este tipo de

compuestos químicos en el sustrato puede variar de acuerdo con las características y con la capacidad que el suelo tiene para retenerlos o degradarlos (Peng y Yu, 2024).

Cabe reconocer que, la contaminación del suelo no solo puede afectar la productividad, sino que aumenta el riesgo de bioacumulación en la cadena alimentaria. Elementos como los metales pesados o residuos de herbicidas pueden absorberse por medio de plantas, comprometiendo la seguridad alimentaria y la salud humana (Ren et al., 2022).

Además, la Teoría de la Adsorción y Movilidad de Contaminantes – Donald Sparks, brinda un marco fundamental para que se pueda valorar la retención y el desplazamiento de compuestos químicos en medios porosos. Su formulación se basa en principios de fisicoquímica del suelo, considerando la interacción que se alcanza a tener entre las propiedades de la superficie del sustrato y características moleculares de contaminantes (Valderrama et al., 2023).

2.2.2.1. DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL SUELO

La dimensión degradación química del suelo se refiere a los cambios en la composición y equilibrio de compuestos que se encuentran presentes en el sustrato, afectando su fertilidad y la capacidad productiva. La acumulación que se alcance de metales pesados, como el cadmio y plomo, no hace más que alterar la estructura del suelo, pudiendo generar efectos tóxicos en la biota edáfica. Además, el exceso de sales disueltas incide en la conductividad eléctrica, alterando de este modo, la disponibilidad de agua y nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (Sun et al., 2024).

De forma adicional, es que el PH disuelto es un parámetro clave en la estabilidad de todo proceso químico que llega a ocurrir en un sustrato. Alteraciones extremas en este valor pueden llegar a favorecer la solubilización de metales pesados y demás

contaminantes, aumentando la toxicidad y la movilidad que se alcanza. Un suelo excesivamente ácido o alcalino puede afectar la disponibilidad de elementos esenciales, teniendo una repercusión negativa en el desarrollo que se tiene de los cultivos y en la capacidad que el suelo tiene para retener nutrientes (Wang et al., 2022).

Además, la degradación química del suelo no solo permite impactar la productividad agrícola, sino que compromete la sostenibilidad de ecosistemas relacionados. La prevalencia de contaminantes persistentes puede inhibir la actividad microbiana, minimizando la capacidad que tiene el suelo para regenerarse de forma natural. La implementación de prácticas de manejo sostenible, como el uso de enmiendas orgánicas y rotación de cultivos, resulta importante para que se puedan contrarrestar los efectos negativos, en clara preservación de la calidad del suelo en el largo plazo (Xiang et al., 2022).

2.2.2.2. BIOACUMULACIÓN DE CONTAMINANTES EN CULTIVOS

La dimensión bioacumulación de contaminantes en cultivos es un proceso en el que sustancias tóxicas presentes en el suelo, agua o aire son absorbidas por las plantas y se concentran en sus tejidos. Elementos como plomo, cadmio y arsénico pueden ingresar a los sistemas vegetales a través de la raíz, afectando su desarrollo y representando un riesgo para la salud humana al ser consumidos. La concentración de estos metales pesados en los cultivos depende de factores como la disponibilidad del contaminante y las características de la especie vegetal (Yu et al., 2021).

En adición, la acumulación de estos elementos en los productos agrícolas puede verse influenciada por la composición química del suelo y las condiciones de cultivo. Algunos metales pesados poseen alta afinidad con compuestos orgánicos e

inorgánicos del suelo, lo que puede modificar su biodisponibilidad. Estrategias como la fitoextracción y el uso de cultivos con baja capacidad de absorción son opciones viables para reducir la acumulación de contaminantes en los alimentos (Zaakour et al., 2023).

Sumado a lo anterior, el consumo de productos agrícolas contaminados con metales pesados representa una preocupación para la seguridad alimentaria y la salud pública. La exposición prolongada a estas sustancias se ha relacionado con efectos adversos en el sistema nervioso, renal y cardiovascular en humanos. La implementación de controles de calidad y la reducción del uso de insumos agrícolas contaminantes son medidas clave para minimizar los riesgos asociados a la bioacumulación de estos compuestos en la cadena alimentaria (Zhang et al., 2024).

2.2.2.3. DISPONIBILIDAD DE MATERIA ORGÁNICA

La dimensión disponibilidad de materia orgánica en el suelo es un factor esencial para el mantenimiento de su estructura, fertilidad y capacidad de retención de agua. El porcentaje de carbono orgánico es un indicador clave para evaluar la calidad del suelo y su potencial de soporte para la vida microbiana. Un adecuado equilibrio entre materia orgánica y componentes minerales favorece la estabilidad de los agregados del suelo, mejorando su resistencia a la erosión y su capacidad de almacenar nutrientes esenciales (Zhang et al., 2023). En esta configuración, la relación carbono-nitrógeno es un parámetro fundamental para determinar la dinámica de la descomposición de la materia orgánica en los suelos agrícolas. Un valor equilibrado en esta relación permite un adecuado suministro de nitrógeno a los cultivos sin afectar la disponibilidad de carbono para la actividad microbiana. Las prácticas agrícolas que favorecen la incorporación de residuos vegetales y compostaje contribuyen a mantener niveles óptimos de materia orgánica en el suelo (Zhao et al., 2024).

Dentro de este marco, la cantidad de materia orgánica presente en el suelo influye en su capacidad de retención de agua y en la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. La pérdida progresiva de este componente debido a prácticas de manejo inadecuadas puede reducir la productividad del suelo y aumentar su vulnerabilidad a procesos de degradación. Implementar estrategias como la rotación de cultivos, la aplicación de abonos orgánicos y el manejo conservacionista del suelo es fundamental para mejorar su calidad y sostenibilidad a largo plazo (Zhao et al., 2021).

2.2.3. NORMAS NACIONALES Y LOCALES DE SUELOS Y USO DE AGROQUÍMICOS

En Perú, las normativas respecto al uso de agroquímicos están fundamentadas según el Decreto Supremo N° 001-2015-MINAGRI, el cual aprueba el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola. Su propósito principal es proteger la salud humana y el ambiente, garantizar productos eficaces y promover el correcto uso de plaguicidas mediante buenas prácticas agrícolas (MINAGRI, 2025).

Asimismo, según el Decreto Supremo N° 001-2015-MINAGRI, este corresponde a una normativa legal que instituye las reglas respecto al manejo del empleo de plaguicidas para uso agrícola en el país, que va desde su elaboración hasta su expulsión final; cuyo fin se orienta en proteger el ambiente, la salud humana y también la eficacia biológica. Por su parte, el Decreto Legislativo N° 1059, viene a ser la normativa legal que tiene como fin el control, prevención, eliminación de plagas, así como enfermedades en plantas y animales, y contribuir el desarrollo agrario y producción segura de alimentos (MINAGRI, 2025).

Por su parte, Decreto Supremo N° 016-2000-AG, corresponde a un reglamento que instituye los requerimientos al igual que los procesos para el registro e inspección de plaguicidas químicos de empleo agrícola en el país; su propósito es proteger la salud humana, animal, así como

el ambiente, avalando la eficacia biológica contenido en los plaguicidas. Mientras que, el Decreto Supremo N° 015-95-AG, establece las normativas para lo que es el registro, inspección, así como el comercio y vigilancia de los plaguicidas agrícolas y productos afines en el Perú (MINAGRI, 2025).

Tabla 1

Normativas sobre el uso de agroquímicos

Normativas nacionales	Normativa local
Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola (Decreto Supremo N° 001-2015-MINAGRI)	Decreto Supremo N° 001-2015-MINAGRI, que establece el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola
Decreto Legislativo N° 1059 (Ley General de Sanidad Agraria)	
Decreto Supremo N° 016-2000-AG (Reglamento para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola)	
Decreto Supremo N° 015-95-AG (Reglamento sobre el registro, comercialización y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines):	

Nota. Normativas sobre el uso de agroquímicos en el Perú (MINAGRI, 2025).

2.2.4. INSTITUCIONES NACIONALES Y LOCALES DE SUELOS Y USO DE AGROQUÍMICOS

En el país hay muchas instituciones con diferentes funciones y roles sobre el uso de agroquímicos, así como también sobre el uso de plaguicidas. Entre las cuales destacan el SENASA, la cual es el principal ente responsable de la regulación y control de los plaguicidas químicos de uso agrícola. Seguido del MIDAGRI, cuyo rol principal corresponde a la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y el empleo correcto de los recursos naturales (Romero, 2023).

Tabla 2

Instituciones que controlan el uso de agroquímicos

Instituciones nacionales	Instituciones locales
Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA)	Dirección Regional de Agricultura (DRA) Huánuco
Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI)	SENASA
Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)	Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI)
Dirección General de Aguas y Suelos y el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)	Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA)

Nota. Instituciones nacionales que controlan el uso de agroquímicos (Romero, 2023).

2.2.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN PERÚ

En el Perú, la clasificación de suelos se efectúa mayormente teniendo en consideración la capacidad de uso de las tierras, principalmente aquellas para fines forestales, agrícolas, pecuarios o de protección. Respecto a su clasificación según su composición están los suelos arenosos, el cual es conformado por partículas de arena; los suelos arcillosos, compuesto por partículas de arcilla; los suelos limosos, integrados por arena, arcilla y limo; mientras que, los suelos francos, son aquellos que tienen una mezcla equilibrada de partícula (Pérez et al., 2021).

Asimismo, según las consideraciones específicas en el Perú, en la Costa, los suelos arcillosos y alcalinos son más predominantes. En la Sierra, son los suelos con alta variación respecto a la exposición al sol y altitud. En la Amazonía, sobresalen los suelos residuales, así como los aluviales (Peña, 2021).

2.2.6. TIPOS DE HERBICIDAS, CUADRO DE PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Los herbicidas para el control de malezas tienden a estar clasificados por su modo de acción, selectividad y modo de aplicación, ante ello, los herbicidas más comunes son: en los sistémicos está el Basagran® 600, el cual es selectivo para ciperáceas y malezas con hoja ancha, actúa interfiriendo en la fotosíntesis de las plantas. En el herbicida de contacto está el Afalon® 500 SC, el cual al entrar controla la maleza, al ser absorbido por la raíz y follaje (Chica et al., 2024).

En los herbicidas pre emergentes está el Alion que es usado para controlar malezas, evitando que estas emerjan, principalmente las de hoja ancha en proceso de germinación y gramíneas. Mientras que, los herbicidas post emergentes está Saturn 900 EC®, que es usado mayormente en malezas posterior a su brotación (Cruz, 2022).

Tabla 3

Clasificación de herbicidas y sus características principales

Criterio de clasificación		Subcategoría	Características principales	Ejemplo representativo
Modo de Acción		Sistémicos	Se distribuyen por toda la planta, afectando tejidos lejanos al sitio de aplicación. Eficaces en el control de malezas perennes y anuales. Actúan únicamente en el área donde se depositan, causando destrucción celular local. Preferidos para malezas de hoja ancha.	Glifosato
		De contacto	Bloquean rutas metabólicas esenciales para el desarrollo vegetal, generando marchitamiento progresivo.	Paraquat
		Inhibidores de síntesis de aminoácidos	Interfieren en el proceso de captación de luz y generación de energía, afectando la viabilidad de la planta.	Glifosato
		Inhibidores de fotosíntesis	Permiten eliminar especies no deseadas sin afectar el cultivo principal. Su uso depende de la fisiología diferencial entre cultivo y maleza.	Paraquat
Selectividad		Selectivos	Destruyen cualquier tipo de vegetal sobre el que se aplican, por lo que su manejo requiere precaución en cultivos.	Glifosato, Paraquat
		No selectivos	Incluyen sales metálicas o derivados no orgánicos, actualmente de uso restringido por toxicidad ambiental.	Sulfato de cobre
		Compuestos inorgánicos	Formulados a base de moléculas químicas complejas; presentan alta eficacia y múltiples mecanismos de acción.	Sulfato de cobre
Composición química		Compuestos orgánicos sintéticos	Contienen dos anillos de piridina; actúan por contacto y presentan toxicidad significativa en seres vivos no objetivo.	Glifosato, Paraquat
		Bipiridilios	Derivados de aminoácidos fosfometilados; actúan como inhibidores de la síntesis de aminoácidos esenciales.	Paraquat
		Glicinas sustituidas		Glifosato

Nota. Chinchilla et al. (2021)

2.2.7. PRINCIPIO ACTIVO DEL PARAQUAT Y GLIFOSATO

En el caso del paraquat, su principio activo viene a corresponder el dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo, el mismo que suele ser conocido como dicloruro de paraquat. Asimismo, este es un herbicida y desecante de contacto, por lo cual su utilización está orientada principalmente para controlar malezas y, por ende, para desecar cosechas, este suele ser comercializado como concentración soluble y/o emulsionable (MAYDS, 2023).

Respecto al glifosato, su principio activo en herbicidas corresponde al Roundup, su nombre químico viene a ser N-(fosfonometil)glicina. Además, comprende un ácido orgánico soluble en agua, procedente fosfonometilo del aminoácido glicina. Al respecto, su función es esencial para la síntesis de aminoácidos aromáticos en bacterias, plantas, así como de hongos (Ramírez, 2021).

2.2.8. IMPACTOS AMBIENTALES DEL PARAQUAT Y GLIFOSATO

El paraquat, corresponde a un herbicida, cuyos impactos suelen ser significativos en el ambiente, los cuales incluyen la toxicidad en los animales tanto acuáticos como los terrestres, sus efectos dañan la vida silvestre, la reproducción de abejas, así como la contaminación del suelo y también de las aguas subterráneas (Gil et al., 2021).

Por su parte, el glifosato suele causar impactos ambientales altamente dañinos, comprendiendo la contaminación sobre el agua y suelo, al igual que el daño a la biodiversidad. Asimismo, este herbicida puede perdurar en el suelo, por ende, filtrarse a los cuerpos de agua, impactando en los elementos acuáticos; su impacto afecta la microbiota del suelo, afectando su actividad y desarrollo (Moná et al., 2021).

2.2.9. IMPACTOS A LA SALUD DEL PARAQUAT Y GLIFOSATO

El paraquat viene a representar un herbicida sumamente muy tóxico, debido a que su uso tiende a generar problemas graves de salud si es que estos son ingeridos o si es caso son inhalados. Al respecto,

algunos de estos impactos en la salud humana vienen a ser el daño renal, pulmonar, así como gastrointestinal, en casos extremos puede causar la muerte (Gil et al., 2021).

En el caso del glifosato, su impacto ha estado relacionado con los efectos respiratorios, así como causar asma y/o irritación nasal, siendo los agricultoras o personas que usan continuamente productos con glifosato. Este al ser un herbicida habitualmente empleado, los impactos son negativos en la salud de las personas (Pérez et al., 2024).

2.2.10. CULTIVOS UTILIZADOS POR LOS AGRICULTORES EN EL ÁREA DE TRABAJO

Los cultivos en el escenario de la agricultura corresponden a las plantas que son cultivadas y que épocas son cosechadas para adquirir productos alimenticios. Al respecto, en el Perú los cultivos más usados están representados por varios productos, entre estos el plátano, el arándano, la palta, el tomate, espárrago, entre otros; mientras que, otros de los cultivos son el maíz, café, papa, la quinua y otros (Castillo, 2021).

Ante ello, estos cultivos producto de la agricultura orgánica, juegan un rol significativo en el país, dado al aporte a los ingresos de los agricultores y del Perú en general. En el caso de la región de Huánuco, los cultivos más usados corresponden a la papa, olluco, maíz, mashua, oca, entre otros, pero como cultivos frutales están la papaya, granadilla, cacao, chirimora y otros (BCRP, 2021).

2.3. DEFINICIÓN DE BASES CONCEPTUALES

2.3.1. ADSORCIÓN EN PARTÍCULAS

Se basa en la fijación de moléculas encontradas sobre superficies sólidas, como la materia orgánica o las arcillas. En términos de la capacidad de retención, esta encuentra dependencia en la carga eléctrica y la estructura química de los contaminantes (Agyeman et al., 2021).

2.3.2. BIOCONCENTRACIÓN EN TEJIDOS

Se basa en la acumulación de sustancias químicas presentes en organismos vivos por medio de la absorción directa desde el agua o el suelo, sin que se cuente con intervención de la cadena alimenticia (Chen et al., 2023).

2.3.3. CAPACIDAD DE BIODEGRADACIÓN

Tiene que ver con la aptitud que tiene un compuesto químico para alcanzar la descomposición de forma natural en base a los procesos biológicos (Gravert et al., 2021).

2.3.4. DEGRADACIÓN MICROBIANA

Proceso sobre el cual un microorganismo presente en el suelo cuenta con el potencial de transformar o reducir a lo mínimo, hasta el punto de eliminación de sustancias químicas (Hu y Chen, 2023).

2.3.5. FITOTOXICIDAD EN CULTIVOS

Depende de los agroquímicos que pueden afectar de manera negativa hacia el crecimiento y el desarrollo de la vegetación, pudiendo evidenciarse por medio de la clorosis, necrosis o reducción de la germinación de semillas (Li et al., 2021).

2.3.6. IMPACTO EN MICROBIOTA

Tiene relación con alteraciones en la comunidad de microorganismos que se encuentran presentes en el suelo, como consecuencia de los compuestos tóxicos (Hinostrza et al., 2024).

2.3.7. LIXIVIACIÓN EN SUELOS

Tiene que ver con el arrastre del compuesto químico por medio de capas de suelo por efecto del agua, evidenciando dentro de este apartado, factores como la textura y la solubilidad (Llanos, 2023).

2.3.8. OXIDACIÓN QUÍMICA

Es una reacción en la que los contaminantes se transforman mediante la acción de agentes oxidantes, modificando su estructura química. Este proceso puede disminuir la toxicidad de ciertos compuestos (Hinostroza, 2024).

2.3.9. PERSISTENCIA EN SUELOS

Hace énfasis en el tiempo que tarda un determinado compuesto químico, sin que este pueda descomponerse de manera significativa; es decir, incidiendo en temperatura, humedad y PH del suelo afectado (Zambrano, 2024).

2.3.10. TOXICIDAD RESIDUAL

Hace énfasis en los efectos adversos que un determinado compuesto llega a generar en el largo plazo en organismos vivos, inclusive después de su aplicación o eliminación (Llanos, 2023).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H₁: Los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto presentan niveles de contaminación asociados a condiciones fisicoquímicas que favorecen la acumulación de metales pesados.

H₀: Los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto no presentan niveles de contaminación asociados a condiciones fisicoquímicas que favorecen la acumulación de metales pesados.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H.E_{1.1}: Los suelos presentan características fisicoquímicas (pH ácido, humedad y materia orgánica) que favorecen la retención de contaminantes.

H.E_{1.0}: Los suelos no presentan características fisicoquímicas (pH ácido, humedad y materia orgánica) que favorecen la retención de contaminantes.

H.E_{2.1}: Existen concentraciones significativas de metales pesados en los suelos agrícolas.

H.E_{2.0}: No existen concentraciones significativas de metales pesados en los suelos agrícolas.

H.E_{3.1}: El grado de contaminación presenta variabilidad entre los puntos de muestreo.

H.E_{3.0}: El grado de contaminación no presenta variabilidad entre los puntos de muestreo.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Nivel de contaminación de suelos agrícolas

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Actividades antropogénicas

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Nivel de contaminación de suelos agrícolas	se refiere a la presencia y acumulación de sustancias contaminantes que alteran las propiedades del suelo y afectan su calidad y capacidad productiva, generando impactos en el desarrollo agrícola y ambiental (Velázquez et al., 2022).	Se determinará mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos (pH, humedad, carbono orgánico total y sales disueltas) y la cuantificación de metales pesados (Cd, Pb, Cr, Zn y Ba) en muestras de suelo recolectadas en el área de estudio.	Parámetros fisicoquímicos	pH del suelo	pH-metro
				Humedad del suelo	Balanza / método gravimétrico
				Carbono orgánico total (COT)	Análisis de laboratorio
				Sales disueltas	Conductímetro
			Metales pesados	Cadmio (Cd)	Espectrofotómetro
				Plomo (Pb)	Espectrofotómetro
				Cromo (Cr)	Espectrofotómetro
				Zinc (Zn)	Espectrofotómetro
				Bario (Ba)	Espectrofotómetro
Actividades antropogénicas	Conjunto de prácticas y condiciones productivas desarrolladas en el manejo del suelo para la producción agrícola, que pueden influir en sus características físicas, químicas y biológicas.	Se evaluará mediante la caracterización de las prácticas agrícolas realizadas en el área de estudio, considerando tipo de cultivo, tipo de suelo, rendimiento, riego y uso de agroquímicos.	Prácticas agrícolas	Tipo de cultivo	Ficha de observación
				Tipo de suelo	Clasificación textural
				Rendimiento agrícola	Encuesta
				Tipo de riego	Entrevista
				Tipo de agroquímico usados	Encuesta

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es de tipo aplicada, ya que tiene como finalidad generar información relevante sobre el nivel de contaminación del suelo agrícola, evaluado a partir de sus parámetros fisicoquímicos y la presencia de metales pesados, contribuyendo a la comprensión de una problemática ambiental real en el área de estudio. En este sentido, Vizcaíno et al. (2023) señalan que la investigación aplicada se orienta a la generación de conocimientos útiles para la solución o análisis de problemas concretos.

3.1.1. ENFOQUE

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la medición y análisis de datos numéricos relacionados con los parámetros fisicoquímicos del suelo y la concentración de metales pesados, permitiendo describir el nivel de contaminación mediante el uso de herramientas estadísticas.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El nivel de la investigación es descriptivo con alcance analítico, ya que se busca caracterizar el nivel de contaminación del suelo agrícola a partir de sus dimensiones fisicoquímicas y la presencia de metales pesados, sin establecer relaciones de causalidad, pero permitiendo una interpretación de los resultados obtenidos.

3.1.3. DISEÑO

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que no se manipulan las variables de estudio, sino que se observan y analizan en su contexto natural. Asimismo, es de corte transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un periodo determinado, considerando dos campañas de muestreo.

Figura 1

Diagrama descriptivo

Variable independiente (VI) - Observación (O) - Variable dependiente (VD)

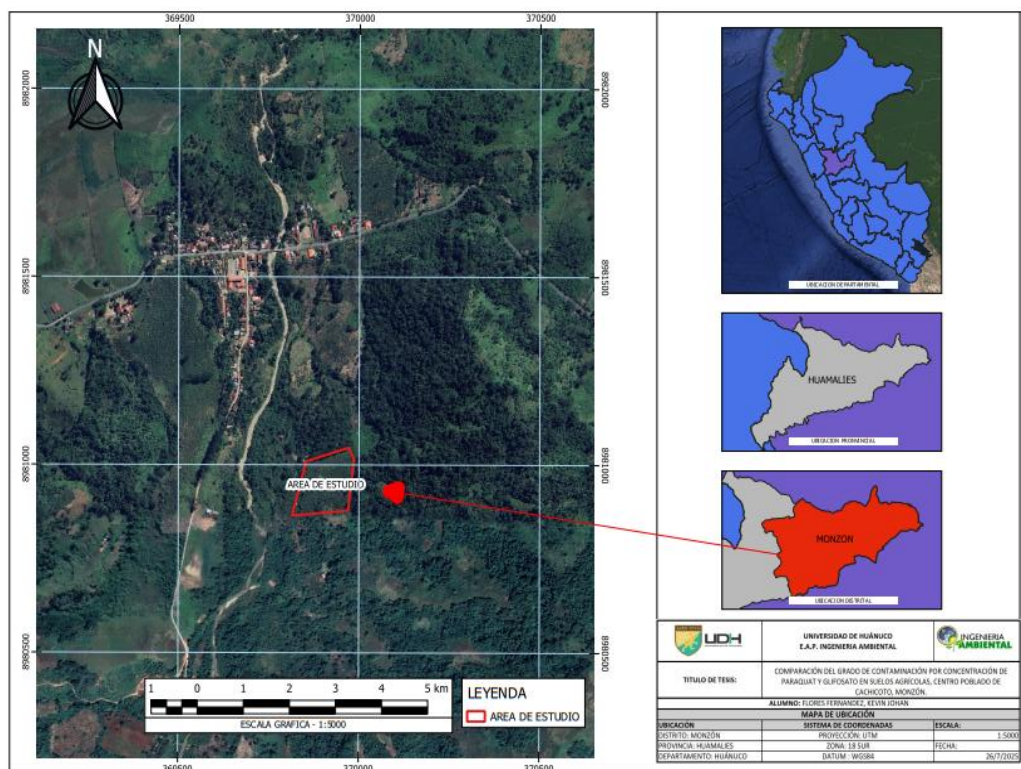
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

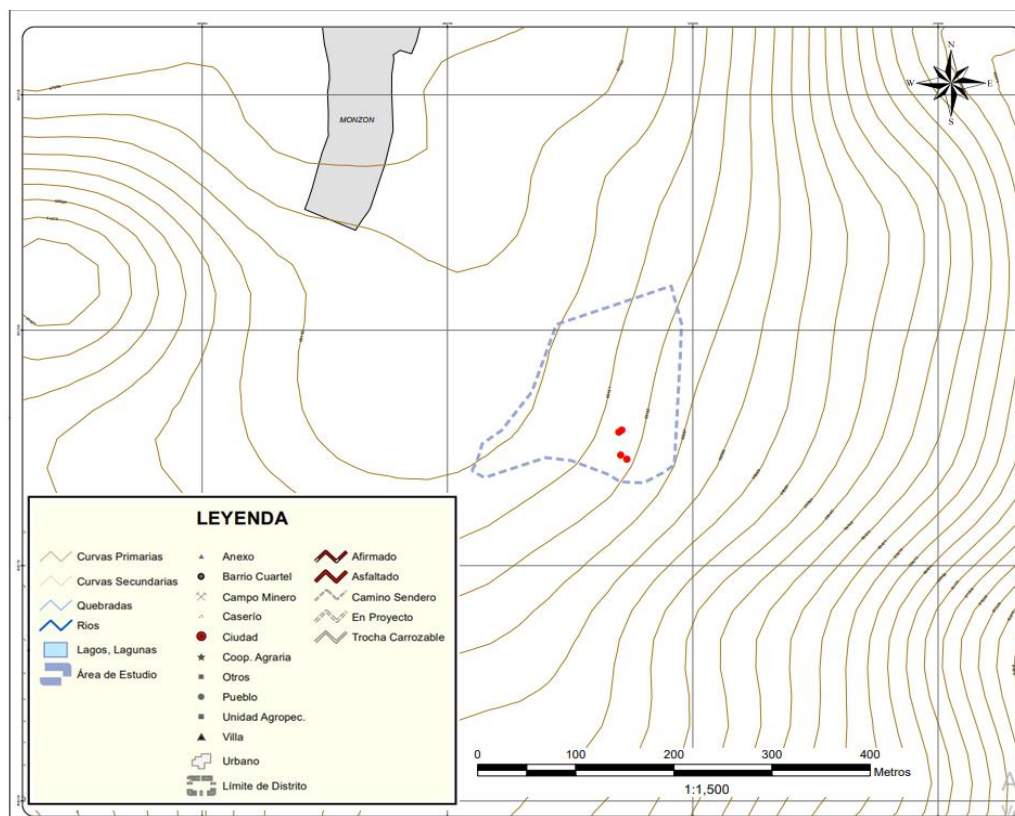
3.2.1. POBLACIÓN

La población se vió conformada por los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto, ubicado en el distrito de Monzón. Además, se considerarán terrenos de cultivo en donde se presume del empleo de agroquímicos. Vizcaíno et al. (2023) , exponen que la población amerita a que se considere una serie de valoraciones o grupo de investigación para beneficiar el recojo de datos.

Figura 2

Área de análisis





AREA DE ESTUDIO:
CASERIO DE RIO ESPINO
SUPERFICIE TERRITORIAL: 3.00 ha.



MAPAS DE UBICACIÓN



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO E.A.P. INGENIERIA AMBIENTAL	INGENIERIA AMBIENTAL
TÍTULO DE TESIS: COMPARACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR CONCENTRACIÓN DE PARAQUAT Y GLIFOSATO EN SUELOS AGRÍCOLAS, CENTRO POBLADO DE CACHICOTO MONZÓN	
ALUMNO: FLORES FERNANDEZ KEVIN JOHAN	
POBLADO : CACHICOTO DEPARTAMENTO : HUÁNUCO PROVINCIA : HUAMALIES DISTRITO : MONZÓN	
Fuente: Mapa de Cobertura Agrícola 2023 - Minagri Carta Nacional Digital - IGN Vías Nacional - MTC	PROYECCIÓN y DÁTUM: Traverse_Mercator Dátum WGS 1984 UTM Zona 18 Sur Falso Este 500000.00 Falso Norte 1000000.00 Meridiano Centra: -75.00 Factor de Escala: 0.9996
Escala: 1:1500	

Nota. Coordenadas 9°12'59.6"S 76°11'03.7"W

3.2.2. MUESTRA

La muestra fue no probabilística, debido a que se encontró compuesta por los suelos agrícolas que el investigador pueda seleccionar para su investigación, en coherencia del acceso hacia los datos que este pueda tener, dentro del centro poblado de Cachicoto, en donde esto dependió del historial de uso de agroquímicos que puedan ser sustentados por los pobladores de la zona. Vizcaíno et al. (2023), establecen que la muestra corresponde a ser una porción de elementos de estudio que encuentra dependencia del acceso hacia los datos que el investigador llega a tener.

Si bien el número de muestras analizadas es reducido, estas fueron seleccionadas estratégicamente en zonas representativas de actividad agrícola intensiva dentro del centro poblado de Cachicoto. La selección se realizó considerando áreas donde se evidencia el uso frecuente de agroquímicos, lo que permitió obtener información preliminar relevante sobre el estado de contaminación del suelo. No obstante, se reconoce que futuras investigaciones deberían ampliar el número de puntos de muestreo para mejorar la representatividad estadística y fortalecer la inferencia científica de los resultados.

En cuanto a los puntos de muestreo, estos se encuentran ubicados en el Caserío de Río Espino, perteneciente a Cachicoto, Monzón, Tingo María (veáse en el plano de ubicación) Huánuco, siendo detallados a continuación los puntos de muestreo:

Figura 3

Distribución de los puntos de muestreo

PUNTOS	COORDENADAS	IMAGEN REFERENCIAL
PUNTO 1	N: 8980892 E: 369891	
PUNTO 2	N: 8980894 E: 369872	
PUNTO 3	N: 8980895 E: 369871	
PUNTO 4	N: 8980867 E: 369930	

PUNTO 5	N: 8980863 E: 369897	
PUNTO 6	N: 8980874 E: 369718	

Nota. Las coordenadas son las siguientes: corresponden a la zona 18L.

3.2.3. MUESTREO

El muestreo fue por conveniencia, debido a que los puntos de muestreo serán establecidos de acuerdo con la accesibilidad y antecedentes de uso de herbicidas. Vizcaíno et al. (2023), establecen que esta forma de muestreo busca que la información recuperada sea de alta calidad y representación del objeto de estudio.

Referente a los criterios de inclusión, se consideraron suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto que evidencian actividad agrícola continua, identificada mediante observación directa en campo, tales como presencia de cultivos, uso de insumos agrícolas y características de manejo del suelo. Asimismo, se incluyeron aquellas muestras que contaron con análisis de laboratorio para la determinación de parámetros fisicoquímicos y concentración de metales pesados, garantizando la disponibilidad de datos confiables para la investigación.

En cuanto a los criterios de exclusión, se descartaron aquellos suelos que no presentaban evidencia de actividad agrícola, así como

muestras que no contaban con resultados completos de laboratorio o cuyos datos presentaban inconsistencias. Del mismo modo, se excluyeron análisis que no fueron realizados en laboratorios que cumplan con condiciones técnicas adecuadas para la medición de los parámetros evaluados.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS

La técnica usada fue el análisis documental, en donde Vizcaíno et al. (2023), sostienen que este amerita a que se considere la valoración de fuentes técnicas para comprender un eje de análisis.

3.3.2. INSTRUMENTOS

El instrumento utilizado fue la guía de análisis documental, mediante la cual se recopilaron y sistematizaron los resultados de los ensayos de laboratorio correspondientes a la variable nivel de contaminación del suelo agrícola. Esta variable fue evaluada a partir de dos dimensiones: parámetros fisicoquímicos y metales pesados, considerando en total nueve indicadores de análisis (pH, humedad, carbono orgánico total, sales disueltas, cadmio, plomo, cromo, zinc y bario), medidos en escala de razón. En este sentido, Vizcaíno et al. (2023) señalan que la guía de análisis documental permite obtener datos a partir de fuentes confiables, garantizando la validez de la información en el proceso de investigación.

3.3.3. VALIDEZ

La validación es conceptualizada por Vizcaíno et al. (2023), como un procedimiento que certifica la calidad del instrumento empleado. Sin embargo, en el presente estudio, esto no pudo ser alcanzado debido a que la totalidad de la información será obtenida por medio de fuentes de carácter técnico que serán entregados por los laboratorios contratados por el investigador para exponer la data procesable. Además, cabe reconocer que las dimensiones e indicadores a analizar quedaron

sustentados por medio de autores de revistas científicas expuestos por ficha técnica (Anexo 4).

3.3.4. CONFIABILIDAD

La confiabilidad es fundamentada por Vizcaíno et al. (2023), como un procesamiento estadístico que se encarga de demostrar la confianza de los datos. En el presente estudio esto no fue viable debido a que no se pudo poner en tela de juicio la información o resultados técnicos ofrecidos por parte de los laboratorios certificados. Además, la totalidad de los datos obtenidos fueron de escala de razón.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

3.4.1. INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

En referencia al procedimiento de recojo de información, se inició con la selección de puntos estratégicos determinados por el investigador dentro del centro poblado de Cachicoto, considerando áreas con actividad agrícola. Posteriormente, se procedió a la extracción de muestras de suelo a diferentes profundidades, de acuerdo con los requerimientos del laboratorio, empleando técnicas estandarizadas que garantizaron la representatividad de las muestras y evitaron la contaminación cruzada.

Cada muestra fue almacenada en recipientes adecuados y debidamente etiquetada con información relevante, como ubicación, fecha y condiciones ambientales. Asimismo, las muestras fueron transportadas al laboratorio especializado bajo condiciones que aseguraron su integridad, con la finalidad de realizar los ensayos correspondientes para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados presentes en el suelo.

Durante el desarrollo de la investigación, se planteó inicialmente la evaluación de Glifosato y Paraquat debido a que estos compuestos son

empleados con frecuencia en las actividades agrícolas de la zona de estudio. No obstante, al momento de realizar los análisis especializados, se identificaron restricciones operativas relacionadas con la disponibilidad de procedimientos analíticos y resultados reportables para dichos compuestos. En virtud de ello, se consideró la evaluación de Aldrin y Parathion, sustancias para las cuales el laboratorio contaba con métodos de determinación y cuantificación disponibles. Esta adecuación permitió complementar la evaluación de contaminantes asociados a las prácticas agrícolas presentes en el área de estudio y asegurar la obtención de resultados técnicamente verificables.

3.4.2. ANÁLISIS DE DATOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Referente al análisis estadístico, este se realizó con la finalidad de caracterizar el nivel de contaminación del suelo agrícola a partir de los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados en las muestras recolectadas. Para ello, se empleó estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central como la media y medidas de dispersión como la desviación estándar, lo que permitió describir la distribución de los datos obtenidos.

Asimismo, se realizó un análisis comparativo descriptivo entre los puntos de muestreo, con el propósito de identificar variaciones en el nivel de contaminación del suelo. No se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales, debido al tamaño reducido de la muestra y al enfoque descriptivo de la investigación. El procesamiento de datos se realizó mediante el software SPSS versión 26.00.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de datos se realizó a partir de los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de las muestras de suelo agrícola recolectadas en el centro poblado de Cachicoto, distrito de Monzón. Los resultados corresponden al análisis de Aldrin y Parathion, compuestos seleccionados conforme a la disponibilidad analítica del laboratorio. Las muestras correspondieron a dos campañas de evaluación, octubre y noviembre de 2025, con cuatro puntos de muestreo por campaña, totalizando ocho observaciones para el análisis descriptivo consolidado.

Tabla 4

Características agrícolas del área de estudio

Parámetro	Resultado
Ubicación	Centro poblado de Cachicoto, distrito de Monzón, provincia de Huamalés, Huánuco
Tipo de cultivo	Cacao
Tipo de suelo	Suelo agrícola
Tipo de riego	Predominantemente por precipitación pluvial (secano)
Rendimiento agrícola	Producción referencial expresada en toneladas por hectárea (t/ha) según las condiciones productivas de la zona
Agroquímicos utilizados	Glifosato (Fuego), Paraquat (Gramoxone), Aldrin y Parathion
Número de campañas	Octubre y noviembre de 2025
Puntos de muestreo	Cuatro puntos por campaña (8 observaciones en total)

Los datos fueron organizados en una matriz de procesamiento, considerando como unidades de análisis los puntos de muestreo evaluados. En dicha matriz se registraron los parámetros fisicoquímicos del suelo, tales como carbono orgánico total, pH, sales disueltas, humedad y relación C/N. Asimismo, se incorporaron los resultados correspondientes a metales seleccionados: Al, As, Ba, Cd, Cr, Pb, Ni y Zn.

Tabla 5

Parámetros físicoquímicos del suelo por campaña

Punto	Campaña	COT (%)	pH	Sales disueltas (mg/L)	Humedad (%)
M-01	Octubre	3.31	5.57	11	27.41
M-02	Octubre	3.14	5.34	10	27.79
M-03	Octubre	3.29	4.99	10	30.77
M-04	Octubre	2.96	5.38	10	23.25
M-p-01	Noviembre	4.82	5.54	10	34.86
M-p-02	Noviembre	4.15	5.19	9	32.92
M-p-03	Noviembre	4.29	5.87	14	40.77
M-p-04	Noviembre	4.71	5.52	9	46.11

Figura 4

Carbono orgánico total por punto y campaña

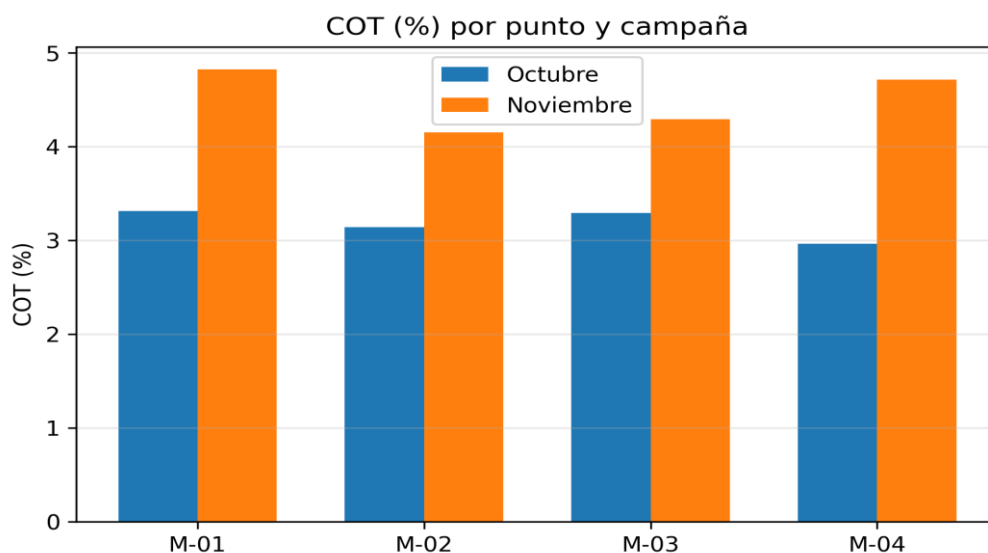


Figura 5

pH por punto y campaña

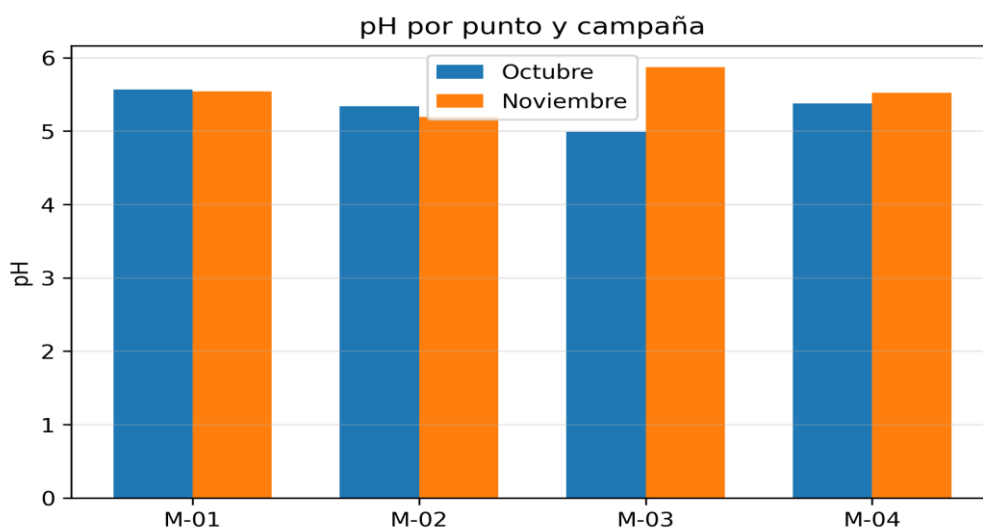


Figura 6

Sales disueltas por punto y campaña

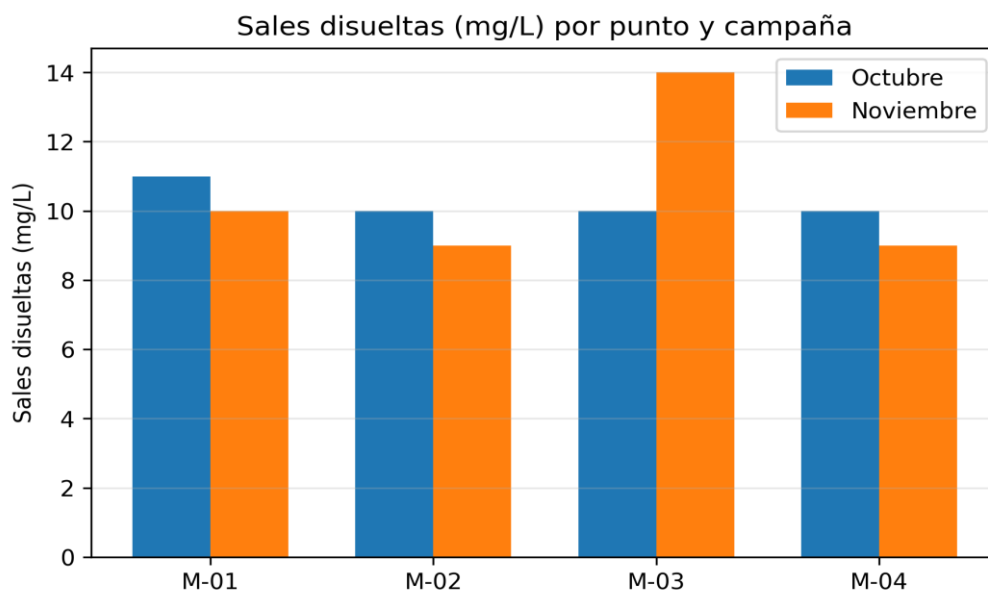
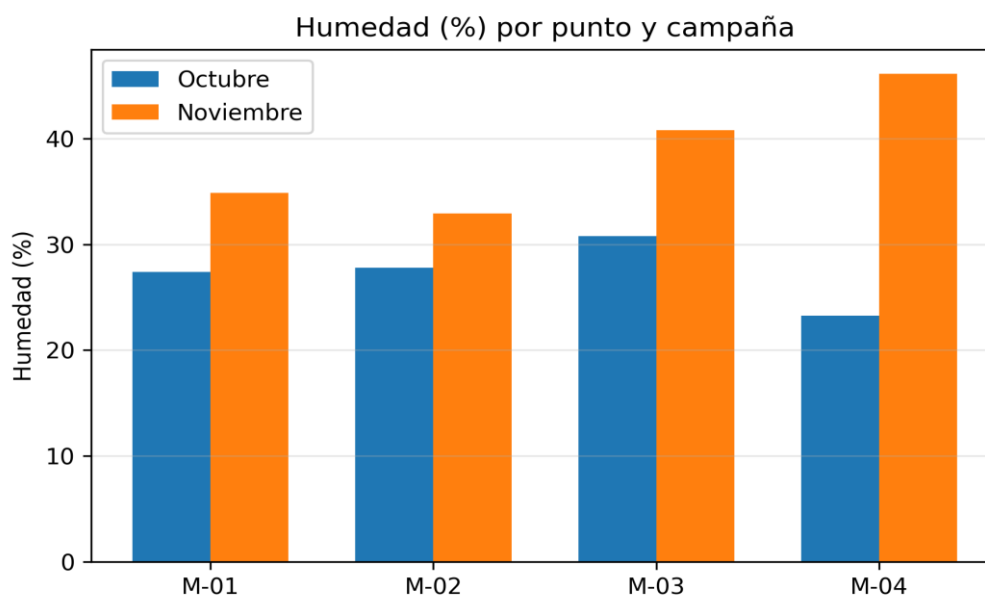


Figura 7

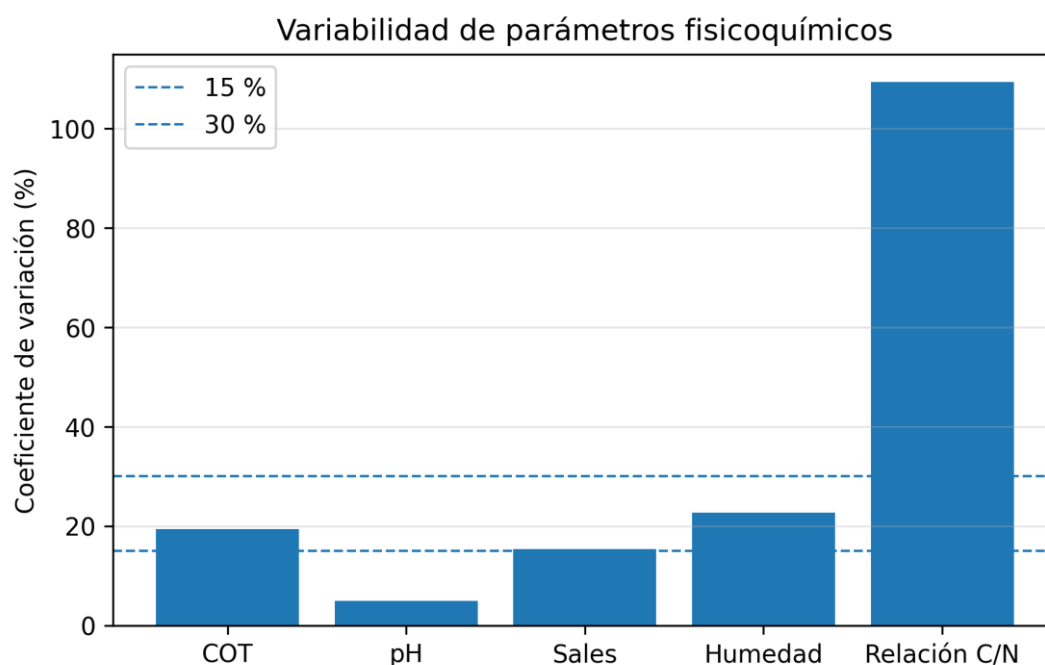
Humedad por punto y campaña



Interpretación: Los resultados muestran que el pH se mantuvo en rango ácido en ambas campañas, con valores entre 4.99 y 5.87. El carbono orgánico total y la humedad fueron mayores en noviembre, mientras que las sales disueltas presentaron variaciones puntuales, principalmente en el punto M-p-03. Estos resultados evidencian diferencias entre campañas y puntos de muestreo.

Tabla 6*Estadísticos descriptivos de parámetros fisicoquímicos del suelo*

Parámetro	Mínimo	Máximo	Media	DE	CV (%)	Interpretación
COT	2.96	4.82	3.8338	0.7429	19.38	Variabilidad moderada
pH	4.99	5.87	5.425	0.2659	4.9	Variabilidad baja
Sales	9	14.00	10.38	1.598	15.40	Variabilidad moderada
Humedad	23.25	46.11	32.98	7.5037	22.75	Variabilidad moderada
Relación C/N	22.00	2280.00	857.25	938.02	109.42	Variabilidad alta

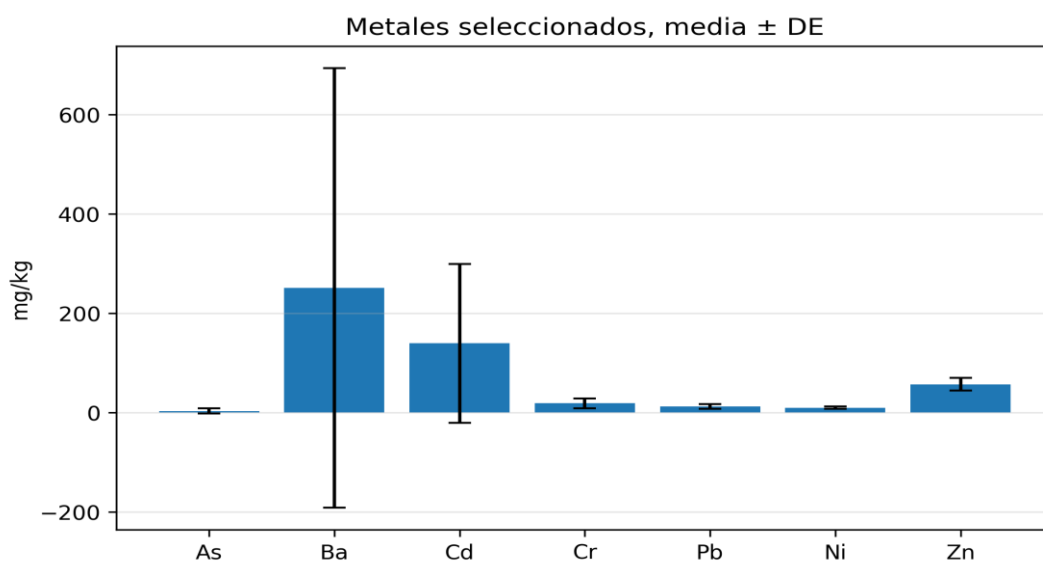
Figura 8*Variabilidad de parámetros fisicoquímicos del suelo*

Nota. La línea de referencia de 15 % separa la variabilidad baja de la moderada; la línea de 30 % diferencia la variabilidad moderada del alta.

Interpretación: El pH presentó baja variabilidad, lo que indica que la condición ácida del suelo fue relativamente constante entre los puntos evaluados. El COT, las sales disueltas y la humedad presentaron variabilidad moderada. En cambio, la relación C/N mostró alta variabilidad, evidenciando diferencias marcadas en la composición química del suelo entre los puntos de muestreo.

Tabla 7*Estadísticos descriptivos de metales seleccionados*

Metal	Mínimo	Máximo	Media	DE	CV (%)	Interpretación
Al	18467.10	26628.20	22856.55	2649.67	11.59	Variabilidad baja
As	1.4	15.00	3.1	4.81	155.16	Variabilidad alta
Ba	66.95	1344.52	250.92	442.55	176.37	Variabilidad alta
Cd	3.96	408.80	139.27	159.78	114.73	Variabilidad alta
Cr	7.09	35.09	18.47	10.07	54.52	Variabilidad alta
Pb	6.95	22.98	12.34	4.84	39.22	Variabilidad alta
Ni	4.99	12.15	9.68	2.54	26.24	Variabilidad moderada
Zn	39.00	76.90	56.83	12.60	22.17	Variabilidad moderada

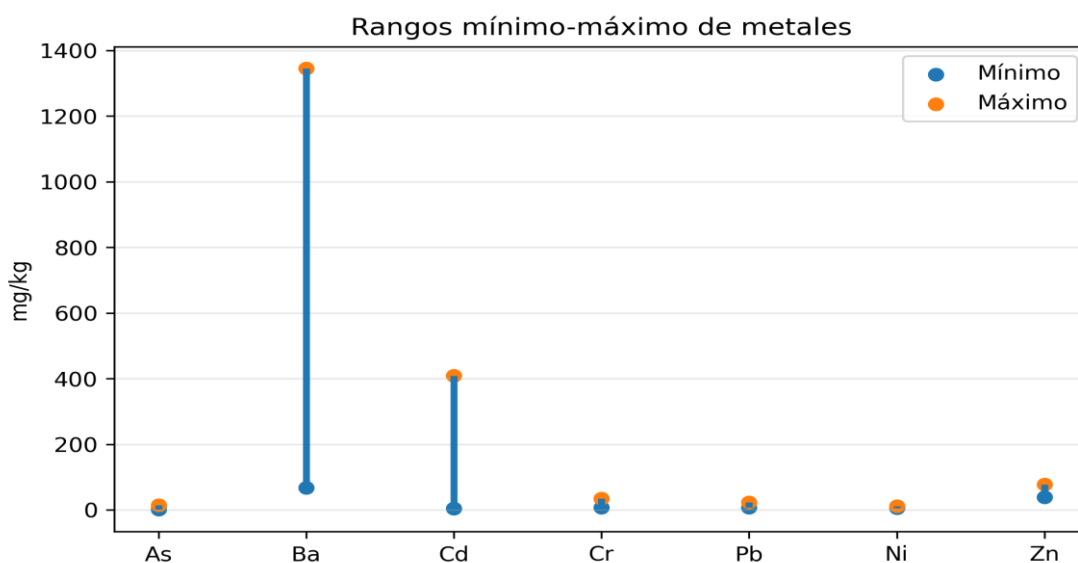
Figura 9*Variabilidad de parámetros fisicoquímicos del suelo*

Nota. Se excluye el aluminio de la figura para evitar distorsión visual por su escala superior frente a los demás metales.

Interpretación: Los metales seleccionados presentaron concentraciones medibles en las muestras evaluadas. El cadmio y el bario registraron los mayores niveles de dispersión, evidenciando acumulación diferenciada entre puntos de muestreo. Asimismo, el arsénico, cromo y plomo presentaron variabilidad alta, lo que indica que la presencia de metales no fue homogénea en el área evaluada.

Tabla 8*Rangos de concentración de metales seleccionados*

Metal	Mínimo	Máximo	Amplitud del rango	Interpretación
As	1.4	15.00	13.60	Rango amplio
Ba	66.95	1344.52	1277.57	Rango muy amplio
Cd	3.96	408.80	404.84	Rango muy amplio
Cr	7.09	35.09	28.00	Rango amplio
Pb	6.95	22.98	16.03	Rango amplio
Ni	4.99	12.15	7.16	Rango moderado
Zn	39.00	76.90	37.90	Rango moderado

Figura 10*Rangos mínimo-máximo de metales seleccionados*

Nota. La amplitud de los rangos evidencia mayor dispersión en Ba y Cd, lo que sugiere acumulación diferenciada en determinados puntos.

Interpretación: El bario y el cadmio presentaron las mayores amplitudes de rango, lo que evidencia diferencias importantes entre los puntos de muestreo. Esta variabilidad permite sostener que el grado de contaminación no se distribuye uniformemente en el área evaluada.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

La contrastación de hipótesis se realizó mediante análisis descriptivo, considerando los resultados de los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados. No se aplicaron pruebas inferenciales, debido al tamaño reducido de la muestra y al enfoque descriptivo de la investigación.

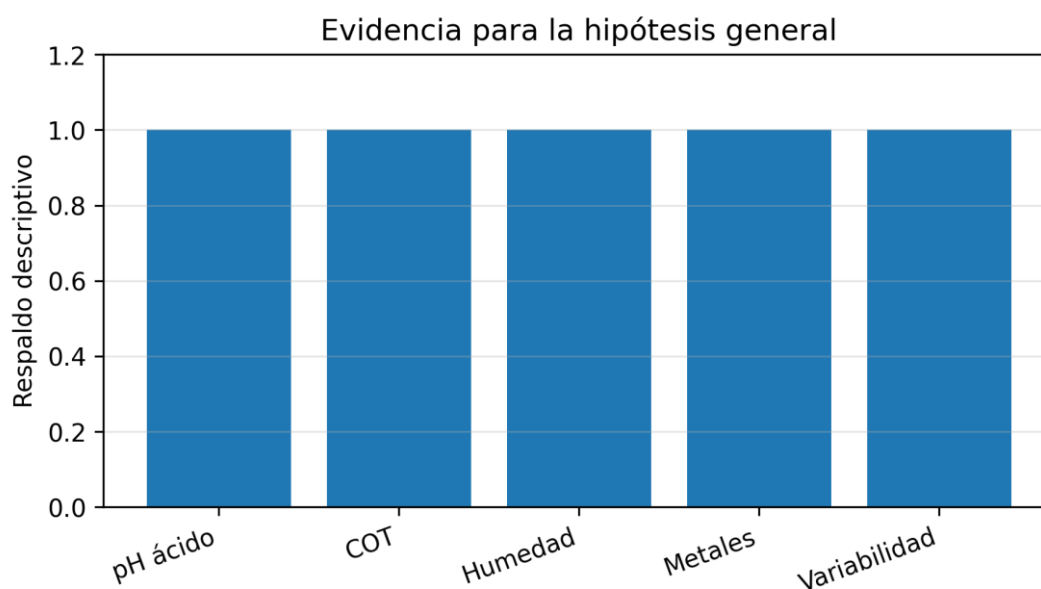
Tabla 9

Contrastación descriptiva de la hipótesis general

Hipótesis	Indicadores evaluados	Evidencia descriptiva	Decisión
H1: Los suelos agrícolas presentan niveles de contaminación asociados a condiciones fisicoquímicas que favorecen la acumulación de metales pesados.	pH, COT, humedad, Cd, Ba, Pb, Cr y Zn	pH ácido, presencia de COT, humedad moderada y concentraciones medibles de metales pesados.	Se acepta H1
H0: Los suelos agrícolas no presentan niveles de contaminación asociados a condiciones fisicoquímicas que favorecen la acumulación de metales pesados.	pH, COT, humedad y metales pesados	Los resultados no respaldan ausencia de contaminación.	Se rechaza H0

Figura 11

Evidencia descriptiva para la hipótesis general

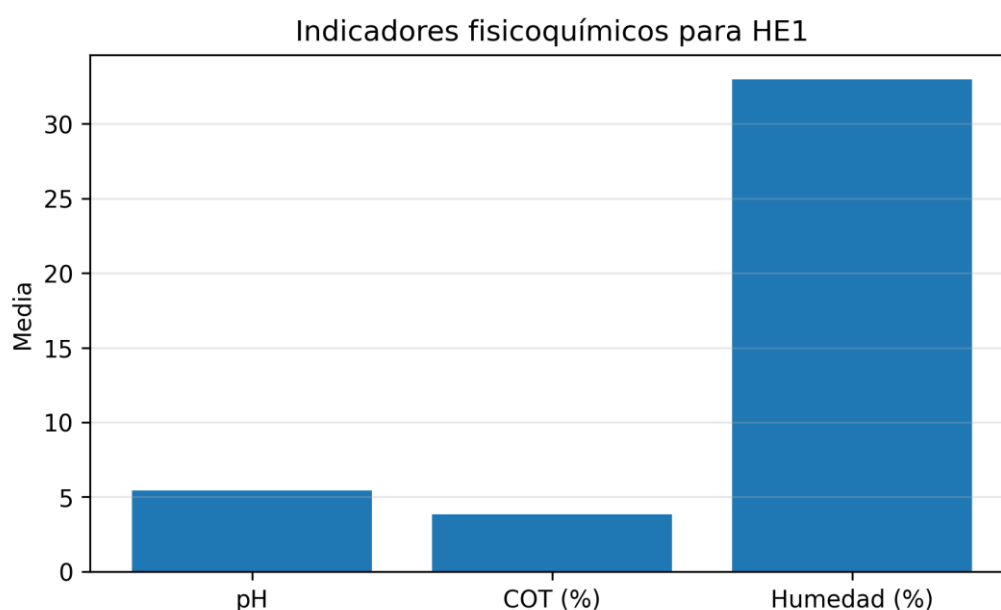


Nota. El valor 1 indica que cada elemento evaluado respalda descriptivamente la hipótesis alterna general.

Interpretación: La hipótesis general se acepta de manera descriptiva, debido a que los suelos evaluados presentan pH ácido, contenido de carbono orgánico total, humedad y concentraciones medibles de metales pesados. Estas condiciones permiten sostener que existen niveles de contaminación asociados a características fisicoquímicas del suelo.

Tabla 10*Contrastación descriptiva de la hipótesis específica 1*

Hipótesis	Indicadores	Resultado	Decisión
H.E1.1: Los suelos presentan características fisicoquímicas que favorecen la retención de contaminantes.	pH, COT y humedad	pH medio = 5.4250; COT medio = 3.8338 %; humedad media = 32.9850 %.	Se acepta H.E1.1
H.E1.0: Los suelos no presentan características fisicoquímicas que favorecen la retención de contaminantes.	pH, COT y humedad	Los resultados evidencian condiciones de acidez, materia orgánica y humedad.	Se rechaza H.E1.0

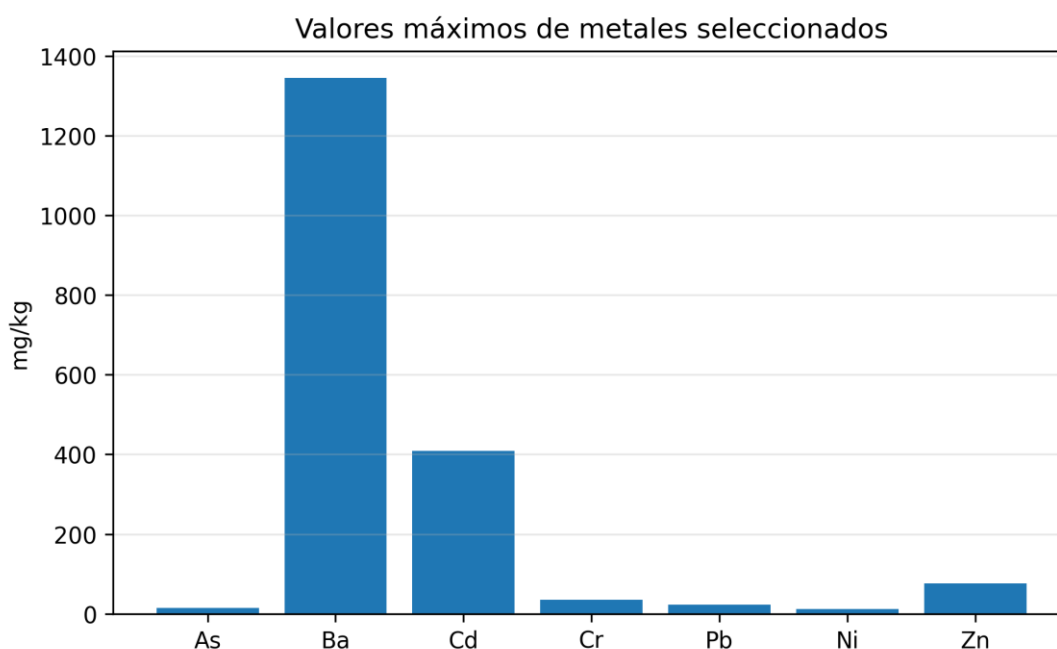
Figura 12*Indicadores fisicoquímicos para la hipótesis específica 1*

Nota. La figura resume los valores medios de pH, COT y humedad utilizados para la contrastación descriptiva.

Interpretación: Los resultados permiten aceptar descriptivamente la hipótesis específica 1, debido a que el suelo presentó pH ácido, contenido de carbono orgánico total y humedad. Estas características pueden favorecer la retención de contaminantes en el sistema edáfico.

Tabla 11*Contrastación descriptiva de la hipótesis específica 2*

Hipótesis	Indicadores	Evidencia	Decisión
H.E2.1: Existen concentraciones significativas de metales pesados en los suelos agrícolas.	Cd, Ba, Pb, Cr, Zn y As	Presencia medible de metales; Cd máximo = 408.80 mg/kg; Ba máximo = 1344.52 mg/kg.	Se acepta H.E2.1
H.E2.0: No existen concentraciones significativas de metales pesados en los suelos agrícolas.	Cd, Ba, Pb, Cr, Zn y As	Los resultados muestran concentraciones medibles y dispersión elevada.	Se rechaza H.E2.0

Figura 13*Valores máximos de metales pesados seleccionados*

Nota. La figura muestra los valores máximos registrados en los metales seleccionados, excluyendo Al por escala.

Interpretación: La hipótesis específica 2 se acepta descriptivamente, debido a la presencia de concentraciones medibles de metales pesados en las muestras evaluadas. Destacan el cadmio y el bario por presentar valores máximos y dispersión elevada.

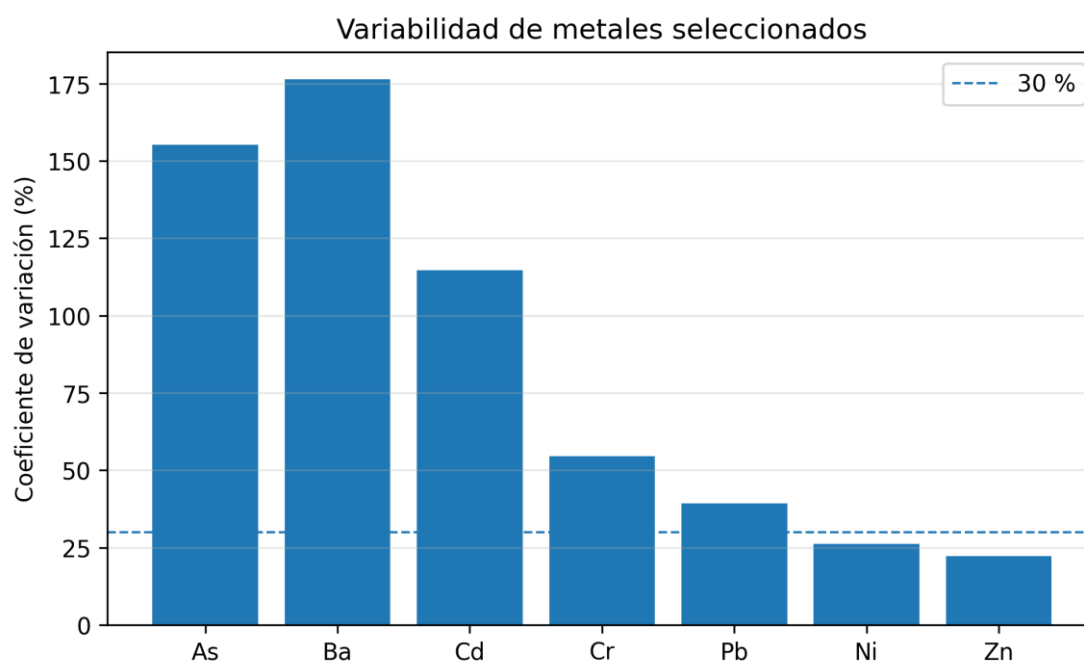
Tabla 12

Contrastación descriptiva de la hipótesis específica 3

Hipótesis	Indicadores	Evidencia	Decisión
H.E3.1: El grado de contaminación presenta variabilidad entre los puntos de muestreo.	CV de COT, humedad, Cd, Ba, Cr, Pb y Zn	Cd = 114.72 %; Ba = 176.37 %; Cr = 54.52 %; Pb = 39.22 %.	Se acepta H.E3.1
H.E3.0: El grado de contaminación no presenta variabilidad entre los puntos de muestreo.	Coefficiente de variación	Los resultados muestran variabilidad moderada y alta.	Se rechaza H.E3.0

Figura 14

Variabilidad de metales seleccionados según coeficiente de variación

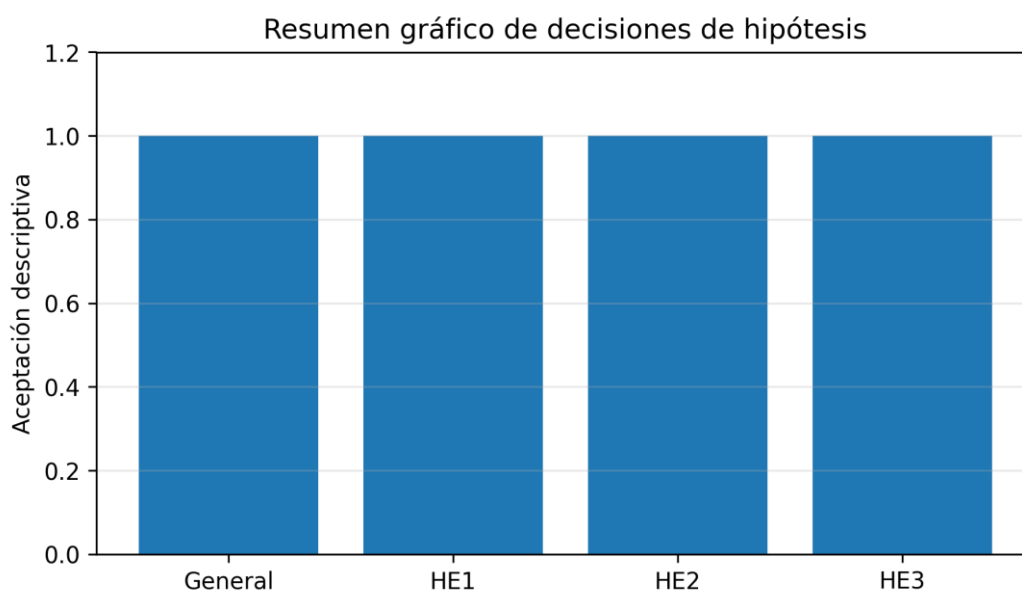


Nota. Los valores superiores al 30 % evidencian alta variabilidad entre puntos de muestreo.

Interpretación: La hipótesis específica 3 se acepta descriptivamente, debido a que los coeficientes de variación muestran diferencias importantes entre puntos de muestreo. La alta variabilidad en cadmio, bario, cromo y plomo evidencia que el grado de contaminación no fue homogéneo.

Tabla 13*Resumen general de contrastación de hipótesis*

Hipótesis	Evidencia principal	Tipo de contrastación	Decisión
Hipótesis general	pH ácido, COT, humedad y presencia de metales pesados.	Descriptiva	Se acepta H1 y se rechaza H0.
Hipótesis específica 1	pH medio de 5.4250, COT medio de 3.8338 % y humedad media de 32.9850 %.	Descriptiva	Se acepta H.E1.1 y se rechaza H.E1.0.
Hipótesis específica 2	Presencia de Cd, Ba, Pb, Cr, Zn y As.	Descriptiva	Se acepta H.E2.1 y se rechaza H.E2.0.
Hipótesis específica 3	Alta variabilidad en Cd, Ba, Cr y Pb.	Descriptiva	Se acepta H.E3.1 y se rechaza H.E3.0.

Figura 15*Resumen gráfico de decisiones de hipótesis*

Nota. El valor 1 representa aceptación descriptiva de la hipótesis alterna correspondiente.

Interpretación: La contrastación descriptiva permitió aceptar la hipótesis general y las tres hipótesis específicas alternas. Los resultados evidencian condiciones fisicoquímicas compatibles con la retención de contaminantes, presencia de metales pesados y variabilidad entre los puntos evaluados. Esta decisión debe interpretarse únicamente a nivel descriptivo, no inferencial, debido al tamaño reducido de la muestra.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación analizó el nivel de contaminación de los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto, distrito de Monzón, durante el año 2025, a partir de la evaluación de sus parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados. Los resultados obtenidos permiten establecer una relación entre las características del suelo y la presencia de contaminantes, en concordancia con los objetivos planteados y los antecedentes revisados. En este sentido, se evidenció que los suelos presentan un pH ácido, con una media de 5.42, lo cual constituye un factor determinante en la movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados. Este hallazgo coincide con lo señalado por Velázquez et al. (2022), quienes indican que las propiedades químicas del suelo condicionan el comportamiento de los contaminantes en entornos agrícolas. La acidez observada en los suelos de Cachicoto favorece la solubilización de metales, incrementando su disponibilidad y potencial impacto ambiental.

Asimismo, el incremento del carbono orgánico total (COT) en la campaña de noviembre (4.15%–4.82%) respecto a octubre (2.96%–3.31%) sugiere la influencia de factores estacionales o prácticas agrícolas, como la incorporación de residuos orgánicos. De acuerdo con Espinoza y Peche (2024), la materia orgánica del suelo cumple un rol fundamental en la retención de contaminantes, lo cual guarda relación con los resultados obtenidos, donde la combinación de alta humedad (hasta 46.11%) y contenido de carbono orgánico genera condiciones favorables para la retención de sustancias en el suelo. En este contexto, se observa que las características fisicoquímicas del suelo influyen directamente en la dinámica de los contaminantes, favoreciendo su permanencia en el sistema edáfico.

Por otro lado, uno de los hallazgos más relevantes es la presencia de concentraciones variables de metales pesados en los suelos agrícolas, destacando el cadmio (Cd) con una media de 139.27 mg/kg y valores máximos de hasta 408.80 mg/kg, lo que evidencia una acumulación significativa en

determinados puntos de muestreo. Este comportamiento coincide con lo reportado por Espinoza y Peche (2024), quienes señalan que la presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la Amazonía peruana puede estar asociada tanto a factores geológicos como al uso intensivo de insumos agrícolas. La alta desviación estándar observada en el cadmio ($DE = 159.78$) y el bario ($DE = 442.55$) sugiere que la distribución de estos metales no es uniforme, sino que responde a procesos de acumulación diferenciados, probablemente vinculados a actividades antrópicas.

En relación con otros elementos, las concentraciones elevadas de aluminio (Al), superiores a los 22,000 mg/kg, son coherentes con la naturaleza de los suelos de la selva alta, caracterizados por su origen en ultisoles y oxisoles. Sin embargo, su efecto puede verse intensificado por las condiciones de acidez del suelo, generando un entorno de estrés químico que puede afectar la productividad agrícola. Asimismo, la variabilidad observada en metales como plomo (Pb), cromo (Cr) y zinc (Zn) refuerza la idea de que el grado de contaminación no es homogéneo en el área de estudio.

La investigación también evidenció una alta variabilidad entre los puntos de muestreo, tanto en los parámetros fisicoquímicos como en la concentración de metales pesados, lo cual se refleja en los amplios rangos y desviaciones estándar obtenidos. Esta heterogeneidad sugiere que el suelo está sometido a diferentes niveles de presión agrícola, lo que coincide con lo planteado por Velázquez et al. (2022), quienes señalan que la contaminación del suelo puede presentarse de manera localizada y no uniforme. En este sentido, la variabilidad en indicadores como la humedad, las sales disueltas y la relación carbono/nitrógeno evidencia que las condiciones del suelo no son homogéneas, lo que influye en la distribución de los contaminantes.

Es importante considerar que el tamaño de la muestra ($N = 8$) limita la aplicación de análisis estadísticos inferenciales, por lo que los resultados deben interpretarse desde un enfoque descriptivo. Asimismo, pueden existir posibles fuentes de error asociadas al proceso de muestreo, transporte y análisis de laboratorio, tales como variaciones en la profundidad de extracción, condiciones de almacenamiento o sensibilidad de los equipos

utilizados. No obstante, se emplearon procedimientos estandarizados que permiten garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos.

En conjunto, los resultados evidencian que el nivel de contaminación del suelo en el centro poblado de Cachicoto está determinado por la interacción entre sus características fisicoquímicas y la acumulación de metales pesados. La acidez del suelo, junto con el contenido de humedad y materia orgánica, favorece la retención y movilidad de estos elementos, generando un sistema con comportamiento heterogéneo. En este contexto, se concluye que el área de estudio presenta un escenario de contaminación variable, asociado tanto a factores naturales como a prácticas agrícolas, lo que evidencia la necesidad de implementar estrategias de manejo sostenible del suelo para evitar su degradación progresiva.

CONCLUSIONES

- Los suelos agrícolas del centro poblado de Cachicoto presentan un nivel de contaminación caracterizado por condiciones fisicoquímicas particulares y la presencia de metales pesados, evidenciando un sistema edáfico con comportamiento heterogéneo.
- Se determinó que los suelos presentan un pH predominantemente ácido (media de 5.42), así como variabilidad en el contenido de humedad y carbono orgánico total, condiciones que favorecen la retención y movilidad de sustancias en el suelo.
- Se identificó la presencia de metales pesados como cadmio (Cd), plomo (Pb), cromo (Cr) y zinc (Zn), con concentraciones variables entre los puntos de muestreo, destacando el cadmio por presentar valores elevados y alta dispersión.
- El grado de contaminación del suelo presenta una marcada variabilidad entre los puntos evaluados, evidenciada por los amplios rangos y desviaciones estándar en los parámetros analizados, lo que indica que la contaminación no es uniforme en el área de estudio.

RECOMENDACIONES

- Implementar programas de monitoreo periódico de la calidad del suelo en el centro poblado de Cachicoto, considerando parámetros fisicoquímicos y metales pesados, con la finalidad de evaluar la evolución del nivel de contaminación y prevenir su incremento.
- S Promover prácticas de manejo sostenible del suelo, tales como el uso controlado de insumos agrícolas, la incorporación adecuada de materia orgánica y la rotación de cultivos, a fin de reducir la acumulación de contaminantes y mejorar la calidad del suelo.
- Establecer estrategias de remediación en los puntos que presentan mayores concentraciones de metales pesados, priorizando técnicas como la fitorremediación o el uso de enmiendas que permitan inmovilizar estos elementos en el suelo.
- Fortalecer la capacitación a los agricultores sobre el manejo adecuado de fertilizantes y otros insumos agrícolas, con el objetivo de minimizar impactos negativos en el suelo y evitar procesos de contaminación a largo plazo.
- Realizar investigaciones complementarias con un mayor número de muestras y en diferentes periodos del año, que permitan profundizar en la comprensión de la dinámica de los contaminantes y mejorar la representatividad de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chinchilla, E.; Zapata, J.; Peña, L. y Pineda, M. (2021). Evaluación de factores asociados con mortalidad en la intoxicación por paraquat. *Revista fundada en 1879*. 1 (1), 1 – 12. https://analesranm.es/revista/2021/138_01/13801_rev08
- Aguilar, J. y Cubas, N. (2021). Contaminación de suelos por el uso de aguas residuales. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 6 (14), 1 – 12. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022021000200132
- Agyeman, P., John, K., Kebonye, N., Borůvka, L., Vašát, R., Drábek, O., y Němeček, K. (2021). Human health risk exposure and ecological risk assessment of potentially toxic element pollution in agricultural soils in the district of Frydek Mistek, Czech Republic: a sample location approach. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 137–157. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00577-w>
- Alberto, N., Delanoy, R., Rodríguez, D., Méndez, R., Díaz, O., y Bello, L. (2023). Heavy Metal Pollution Assessment in the Agricultural Soils of Bonao, Dominican Republic. *Sustainability*, 15(23), 16510–16520. <https://doi.org/10.3390/su152316510>
- BCRP (2021). *Caracterización del departamento de Huánuco* [Informe técnico]. Banco Central De Reserva Del Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Huancayo/huanuco-caracterizacion.pdf>
- Cai, H., Yao, S., Huang, J., Zheng, X., Sun, J., Tao, X., y Lu, G. (2022). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Pollution Characteristics in Agricultural Soils of the Pearl River Delta Region, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 16233–16265. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316233>
- Castillo, M. (2021). La agricultura peruana [Informe técnico]. Friedrich-Ebert-Stiftung. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/18971.pdf>

- Castro, C. y Castillo, L. (2024). Contaminantes orgánicos persistentes: Impactos y medidas de control. *Manglar*, 21 (1), 54 – 69. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462024000100135
- Cruz, H. (2022). *XLIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza* [Informe técnico]. Sociedad Mexicana De La Ciencia De La Maleza. <https://somecima.com/wp-content/uploads/2022/12/MEMORIA-CURSO-ACTUALIZACION-2022.pdf#page=72>
- Cui, W., Mei, Y., Liu, S., y Zhang, X. (2023). Health risk assessment of heavy metal pollution and its sources in agricultural soils near Hongfeng Lake in the mining area of Guizhou Province, China. *Frontiers in Public Health*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1276925>
- Chen, Y., Fu, Q., Singh, V., Ji, Y., Li, M., y Wang, Y. (2023). Optimization of agricultural soil and water resources under fuzzy and random uncertainties: Synergy and trade-off between equity-based economic benefits, nonpoint pollution and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 281(1), 108264–108294. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108264>
- Chica, H., Montoya, J., Lascano, A. y Torres, S. (2024). Selectividad de herbicidas para el control de malezas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) Pueblo Nuevo – Santa Elena. *Polo del conocimiento*, 9(8), 2943-3971. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7862>
- Enríquez, N.; Rojas, J.; Garay, R. y Vásquez; F. (2024). Concentraciones de glifosato y 2,4-diclorofenoxiacético en granos, hojas y suelos en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región San Martín, Perú. *Manglar*, 21 (1), 101 – 125. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462024000100007
- Espinoza, C. y Peche, J. (2024). Contaminación de suelos por uso de agroquímicos en cultivos de papaya (*Carica papaya*), Picota, Perú.

Revista Agroindustrial Science, 14 (1), 54 – 78.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/5920>

Estremadoyro, D. (2024). Impacto de la toxicidad de los residuos sólidos generados por plaguicidas. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 1 (9), 1 – 12.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2709-36892022000100124&script=sci_arttext

Gil, D., Navarete, G., Castañeda, M. y Sosa, C. (2021). Toxicidad aguda del herbicida paraquat en *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) y *Macrobrachium olfersii* (Palaemonidae). *Acta Biológica Colombiana*, 26(2), 178-185. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v26n2/0120-548X-abc-26-02-178.pdf>

Gil, D.; Navarrete, G.; Castañeda, M. y Sosa, C. (2022). Toxicidad aguda del herbicida paraquat en *oreochromis niloticus* (cichlidae) y *macrobrachium olfersii* (palaemonidae). *Acta Biológica Colombiana*, 26 (2), 101 – 124.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2021000200178

Gómez, D.; Cano, A. y Villar, D. (2022). Destino ambiental y efectos ecológicos de los tres herbicidas más utilizados en Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 16 (2), 84 – 99.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072021000200047

González, E. y Fuentes, M. (2022). Dinámica del glifosato en el suelo y sus efectos en la microbiota. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38 (1), 74 – 89. <https://doi.org/10.20937/rica.54197>

Gravert, T., Vuaille, J., Magid, J., y Hansen, M. (2021). Non-target analysis of organic waste amended agricultural soils: Characterization of added organic pollution. *Chemosphere*, 280(1), 130582–130593.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130582>

- Herrera, F. y Picado, G. (2023). Evaluación de herbicidas preemergentes para el control de arvenses en camote. *Agronomía Costarricense*, 47 (1), 154 – 169. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242023000100059
- Herrera, P. (23 de enero del 2024). *Glifosato: ¿es un herbicida peligroso para nuestra salud?* UNAMGLOBAL. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/glifosato-es-un-herbicida-peligroso-para-nuestra-salud/
- Hinostroza, J., Trujillo, B., Félix, R., Paraguay, F., Rodríguez Barrera, J. y Ochoa, A. (2024). Síntesis y caracterización de titanato de calcio (CaTiO₃) como potencial sensor electroquímico de contaminantes orgánicos en solución acuosa. *Revista de ciencias tecnológicas*, 7 (1), 164 – 194. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2594-19252024000100103&script=sci_arttext
- Hinostroza, N. (2024). *Efecto de microorganismos eficientes en la fitorremediación de cadmio por Zea mays L. en suelo contaminado de Sincos, 2021* [Informe de pregrado]. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15817>
- Hu, X., y Chen, H. (2023). Phosphate solubilizing microorganism: a green measure to effectively control and regulate heavy metal pollution in agricultural soils. *Frontiers in Microbiology*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1193670>
- Huillca, M. y Tuco, R. (2022). *Calidad Ambiental del Suelo en Cultivos Agrícolas de Café y Cacao : Revisión Sistemática, 2022* [Informe de pregrado]. Universidad César Vallejo. <https://core.ac.uk/download/pdf/534892575.pdf>
- Li, D., Liu, G., Li, X., Li, R., Wang, J., y Zhao, Y. (2022). Heavy Metal(loid)s Pollution of Agricultural Soils and Health Risk Assessment of Consuming Soybean and Wheat in a Typical Non-Ferrous Metal Mine

- Area in Northeast China. *Sustainability*, 14(5), 2953–2964.
<https://doi.org/10.3390/su14052953>
- Li, J., Li, X., Wang, C., Liu, J., Gao, Z., Li, K., Tuo, X., y Zang, F. (2024). Pollution characteristics and probabilistic risk assessment of heavy metal(loid)s in agricultural soils across the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, 167(1), 112676–112696.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112676>
- Li, Y., Kuang, H., Hu, C., y Ge, G. (2021). Source Apportionment of Heavy Metal Pollution in Agricultural Soils around the Poyang Lake Region Using UNMIX Model. *Sustainability*, 13(9), 5272–5294.
<https://doi.org/10.3390/su13095272>
- Lu, X., Ye, X., Zhou, M., Zhao, Y., Weng, H., Kong, H., Li, K., Gao, M., Zheng, B., Lin, J., Zhou, F., Zhang, Q., Wu, D., Zhang, L., y Zhang, Y. (2021). The underappreciated role of agricultural soil nitrogen oxide emissions in ozone pollution regulation in North China. *Nature Communications*, 12(1), 5021–5034. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25147-9>
- Llanos, M. (2023). *Contaminación por metales pesados de la microcuenca del río Alto Huallaga y suelos agrícolas del área de influencia en Huánuco – 2022* [Informe de posgrado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/5e2d9095-ca0a-44aa-9c7e-c39cce26b445/content>
- MAYDS (2023). *Proyecto PNUD ARG/17/010 sobre el “Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales para el Manejo de Productos Químicos y sus Desechos”* [Informe técnico]. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-01/paraquat_.pdf
- Mendarte, C.; Alarcón, A. y Ferrera, R. (2021). Fitorremediación: alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24 (1), 1 – 12.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2021000100204

Meneses, L. (2022). Consumo e impactos de los agrotóxicos en Colombia: comunidades envenenadas. *Saúde debate*, 46 (1), 47 – 61. <https://www.scielo.org.br/article/sdeb/2022.v46nspe2/75-88/>

MINAGRI (2025). *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/midagri>

Modesto, G. (2023). *Efecto del compost y microorganismos eficaces en la recuperación de suelos agrícolas degradados en el Distrito de Molino – Provincia de Pachitea – Departamento de Huánuco 2022* [Informe de pregrado]. Universidad de Huánuco. <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/4244/Modesto%20Pajuelo%20c%20Gabriela%20Gaby.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moná, J., Cortés, S. y Hincapié, J. (2021). Impactos ambientales y efectos en la salud humana generados a partir del uso de glifosato. *CES Salud Pública*, 9(2), 36–50. https://revistas.ces.edu.co/index.php/ces_salud_publica/article/view/5764

Nakagawa, K., Islam, M., Shah, S., Li, Z., Takao, Y., y Berndtsson, R. (2024). Relationship between nitrate, heavy metal, and sterols contents in Japanese agricultural soils with risk of groundwater pollution. *Chemosphere*, 361(1), 142335–142364. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142335>

Navarro, N.; Rojas, J.; Garay, R. y Vásquez, F. (2024). Concentraciones de glifosato y 2,4-diclorofenoxiacético en granos, hojas y suelos en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región San Martín, Perú. *Manglar*, 21 (1), 101 – 125. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462024000100007

- Oanh, T., Thuy, T., My, T., Quynh, T., Tam, T., Thao, P., Thao, P., Thanh, T., Thu, P., Hieu, H., Phuong, T., Mai, T., Thuy, P., Nghi, T., y Cuong, V. (2023). Preliminary results on microplastic pollution from agricultural soil in Vietnam: Distribution, characterization, and ecological risk assessment. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.15625/2615-9783/18616>
- Peng, Y., y Yu, G. (2024). Prediction of the impact of ecological restoration technology on the restoration of heavy metal pollution in agricultural soil. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/24749508.2024.2328900>
- Peña, G. (2021). Clasificación espacial del suelo urbano por el valor especulativo del suelo e imágenes MSI satelitales usando k-means, Huancayo, Perú. *Urbano (Concepción)*, 24(44), 1-9. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-36072021000200070&script=sci_arttext
- Pérez, A., Mora, R., Mora, T., Munguía, E. y Cálix, V. (2021). Preparación de muestras de suelo y su influencia en la determinación del límite líquido en diferentes tipos de suelos. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 5(2), 1-12. <https://revistas.ujat.mx/index.php/JEEOS/article/view/4551>
- Pérez, A., Fernández, M., Castañeda, M. y Díaz, P. (2024). Glifosato: Riesgo O Amenaza Para La Salud Humana Y La Vida Silvestre. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 15(5), 1-12. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v15n5/2007-0934-remexca-15-05-e3342.pdf>
- Pérez, M.; González, A. y Batista, Y. (2021). Desarrollo de formulaciones del herbicida glufosinato de amonio. *Centro Azúcar*, 48 (2), 64 – 81. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612021000200001
- Ramírez, F. (2021). *El herbicida glifosato y sus alternativas* [Informe técnico]. IPEN.

https://ipen.org/sites/default/files/documents/serie_tecnica_44_glifosato_1_1.pdf

Ren, Z., Christakos, G., Lou, Z., Xu, H., Lv, X., y Fei, X. (2022). Contamination Assessment and Source Apportionment of Metals and Metalloids Pollution in Agricultural Soil: A Comparison of the APCA-MLR and APCA-GWR Models. *Sustainability*, 14(2), 783–799. <https://doi.org/10.3390/su14020783>

Romero, R. (16 de mayo del 2023). *Cinco entidades del Estado trabajan para controlar pesticidas en frutas y verduras*. Saludconlupa. <https://saludconlupa.com/noticias/cinco-entidades-del-estado-trabajan-para-controlar-pesticidas-en-frutas-y-verduras/#:~:text=Ahora%2C%20esperamos%20acciones%20concretas%20de,Indecopi%20y%20el%20Ministerio%20P%3%BAblico.&text=En%20el%20Per%3%BA%20se%20siguen,Foto:%20Senasa>.

Sun, H., Ai, L., Wu, X., Dai, Y., Jiang, C., Chen, X., Song, Y., Ma, J., y Yang, H. (2024). Effects of microplastic pollution on agricultural soil and crops based on a global meta-analysis. *Land Degradation y Development*, 35(2), 551–567. <https://doi.org/10.1002/ldr.4957>

Valderrama, C., Villegas, P., Herrera, J. y Silva, J. (2023). Análisis de biochar y metales: una revisión sistemática y análisis bibliométrico. *Ingeniería y competitividad*, 25 (3), 45 – 68. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30332023000300024&script=sci_arttext

Velázquez, L.; Ortiz, I.; Chávez, J.; Pámanes, G.; Carrillo, A. y Pereda, M. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *Revista especializada en ciencias químico biológicas*, 25 (1), 1 – 12. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v25/1405-888X-tip-25-e482.pdf>

Vizcaíno, P., Cedeño, R y Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica*

- Wang, W., Lu, N., Pan, H., Wang, Z., Han, X., Zhu, Z., y Guan, J. (2022). Heavy Metal Pollution and Its Prior Pollution Source Identification in Agricultural Soil: A Case Study in the Qianguo Irrigation District, Northeast China. *Sustainability*, 14(8), 4494–4499. <https://doi.org/10.3390/su14084494>
- Xiang, J., Xu, P., Chen, W., Wang, X., Chen, Z., Xu, D., Chen, Y., Xing, M., Cheng, P., Wu, L., y Zhu, B. (2022). Pollution Characteristics and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Agricultural Soils over the Past Five Years in Zhejiang, Southeast China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14642–14658. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214642>
- Yu, D., Wang, J., Wang, Y., Du, X., Li, G., y Li, B. (2021). Identifying the Source of Heavy Metal Pollution and Apportionment in Agricultural Soils Impacted by Different Smelters in China by the Positive Matrix Factorization Model and the Pb Isotope Ratio Method. *Sustainability*, 13(12), 6526–6536. <https://doi.org/10.3390/su13126526>
- Zaakour, F., Kholaiq, M., Khouchlaa, A., El Mjiri, I., Rahimi, A., y Saber, N. (2023). Assessment of Heavy Metal Contamination Using Pollution Index, Geo-Accumulation Index, and Potential Ecological Risk Index in Agricultural Soil – A Case Study in the Coastal Area of Doukkala (Morocco). *Ecological Engineering y Environmental Technology*, 24(2), 38–44. <https://doi.org/10.12912/27197050/157037>
- Zambrano, C. (2024). *Efecto de cuatro biofertilizantes en el suelo y rendimiento de dos variedades de maíz morado en condiciones de Ambo – Huánuco* [Informe de posgrado]. Universidad Nacional del Altiplano. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/22015/Zambrano_Poma_Carlos_Alberto.pdf?sequence=4&isAllowed=y

- Zhang, M., Cheng, L., Yue, Z., Peng, L., y Xiao, L. (2024). Assessment of heavy metal(oid) pollution and related health risks in agricultural soils surrounding a coal gangue dump from an abandoned coal mine in Chongqing, Southwest China. *Scientific Reports*, 14(1), 18667–18694. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69072-5>
- Zhang, R., Chen, T., Pu, L., Qie, L., Huang, S., y Chen, D. (2023). Current Situation of Agricultural Soil Pollution in Jiangsu Province: A Meta-Analysis. *Land*, 12(2), 455–465. <https://doi.org/10.3390/land12020455>
- Zhao, X., Zhang, J., Ma, R., Luo, H., Wan, T., Yu, D., y Hong, Y. (2024). Worldwide Examination of Magnetic Responses to Heavy Metal Pollution in Agricultural Soils. *Agriculture*, 14(5), 702–715. <https://doi.org/10.3390/agriculture14050702>
- Zhou, S., Su, S., Meng, L., Liu, X., Zhang, H., y Bi, X. (2021). Potentially toxic trace element pollution in long-term fertilized agricultural soils in China: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 789(1), 147967–147994. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147967>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Flores Fernández, K. (2026). *Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0282-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 20 de febrero de 2025

Visto, el Oficio N° 086-2025-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 529539-0000000280, del Bach. **Kevin Johan FLORES FERNANDEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 529539-0000000280, presentado por el (la) Bach. **Kevin Johan FLORES FERNANDEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Raul Cajahuanca Torres, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27º y 28º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Kevin Johan FLORES FERNANDEZ**, al Mg. Raul Cajahuanca Torres, docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Juvenal Munzono Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA-DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BCR/EJM/nta.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1621-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 13 de agosto de 2025

Visto, el Oficio N° 545-2025-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón"**, presentado por el (la) Bach. **Kevin Johan, FLORES FERNANDEZ**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 0282-2025-D-FI-UDH, de fecha 20 de febrero de 2025, perteneciente al Bach. **Kevin Johan, FLORES FERNANDEZ**, se le designó como ASESOR(A) al Mg. Raul Cajahuanca Torres, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 545-2025-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón"**, presentado por el (la) Bach. **Kevin Johan, FLORES FERNANDEZ**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Presidente), Mg. Yasser Vasquez Baca (Secretario) y Mg. Niler Rosario Chahua García (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón"**, presentado por el (la) Bach. **Kevin Johan, FLORES FERNANDEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAA – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.
MCH/EJML/dgc.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón.

Problemas de investigación	Objetivos de investigación	Hipótesis de investigación	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Tipo de investigación
¿Cuál es la comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón?	Realizar la comparación del grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón	Existen diferencias en el grado de contaminación por concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón	Concentración de Paraquat y Glifosato	Tipo aplicada Diseño de la investigación: Diseño no experimental, descriptivo y longitudinal
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dimensiones	Población y muestra
¿Cuál es la concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón? ¿Cómo es el grado de contaminación por los herbicidas Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón?	- Evaluar la concentración de Paraquat y Glifosato suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón - Evaluar el grado de contaminación por los herbicidas Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón	- La concentración de Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón, es alta - El grado de contaminación por los herbicidas Paraquat y Glifosato de suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón, es elevada	Concentración de residuos de herbicidas Persistencia de herbicidas en el suelo Acumulación de metales pesados asociados a herbicidas	Población: Suelos agrícolas contaminados Muestra: Suelos agrícolas contaminados

			Variable dependiente	Técnica de recolección de datos
			Dimensiones	Instrumento
• ¿Cuál es la comparación de la dimensión concentración de residuos, persistencia y acumulación de metales pesados asociados en los herbicidas Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón?	• Analizar la comparación de la dimensión concentración de residuos, persistencia y acumulación de metales pesados asociados en los herbicidas Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón	• La comparación de la dimensión concentración de residuos, persistencia y acumulación de metales pesados asociados en los herbicidas Paraquat y Glifosato en suelos agrícolas, centro poblado de Cachicoto, Monzón, es alta	Contaminación de suelos agrícolas Degradación química del suelo Bioacumulación de contaminantes en cultivos Disponibilidad de materia orgánica	Análisis documental Guía de análisis documental

ANEXO 4

FICHA TÉCNICA DE INSTRUMENTO

Variable: Concentración de Paraquat y Glifosato

Publicado en: Revista Agroindustrial Science

Autor: ESPINOZA, C. y PECHE, J.

Año: 2024

Lugar: Perú

Título: Contaminación de suelos por uso de agroquímicos en cultivos de papaya (Carica papaya), Picota, Perú

Duración: 20 minutos

Valoración: Para la presente investigación, se ha considerado la escala Likert de valoración

Confiabilidad: Se mantuvo una confiabilidad superior a 0,70 en donde se ha demostrado la alta confianza que se puede tener en el instrumento de recolección de datos.

Profesionales validadores: Docentes de la Universidad Peruana Unión

Link:

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/5920>

Variable: Contaminación de suelos agrícolas

Publicado en: Revista especializada en ciencias químico biológica

Autor: VELÁZQUEZ, L.; ORTIZ, I.; CHÁVEZ, J.; PÁMANES, G.; CARRILLO, A. y PEREDA, M.

Año: 2022

Lugar: México

Título: Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional

Duración: 20 minutos

Valoración: Para la presente investigación, se ha considerado la escala Likert de valoración

Confiabilidad: Se mantuvo una confiabilidad superior a 0,70 en donde se ha demostrado la alta confianza que se puede tener en el instrumento de recolección de datos.

Profesionales validadores: Docentes de la Universidad Nacional Autónoma de México

Link: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v25/1405-888X-tip-25-e482.pdf>

ANEXO 5

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE LA PRIMERA CAMPAÑA

LABECO
CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC - IAS
CON REGISTRO TL-1326



INFORME DE ENSAYO N° IE-0414-0414/25

Solicitante : KEVIN JOHAN FLORES FERNANDEZ
Dirección del Solicitante : CACHICOTO-MONZON
Atención : KEVIN JOHAN FLORES FERNANDEZ
Proyecto : COMPARACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR CONCENTRACIÓN DE PARAQUAT Y GLIFOSATO EN SUELOS AGRÍCOLAS, CENTRO POBLADO DE CACHICOTO, MONZÓN 2025
Lugar de Muestreo : CACHICOTO-MONZON
Tipo de Muestra : SUELO
Fecha de Monitoreo : 26/10/25
Fecha de Recepción de Muestra : 30/10/25
Fecha de Inicio de Análisis : 30/10/25
Fecha de Término de Análisis : 05/11/25
Fecha de Emisión : 11/11/25

CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE CLIENTE	COORDENADAS UTM	
		NORTE	ESTE
0414-1	M-01	8980894	0369928
0414-2	M-02	8980892	0369925
0414-3	M-03	8980867	0369927
0414-4	M-04	8980863	0369933

In Situ: Datos tomados en campo.

CALIDAD DE SUELO

CÓDIGO DE LABORATORIO	0414-1	0414-2	0414-3	0414-4	Límite	Unidad
CÓDIGO DE CLIENTE	M-01	M-02	M-03	M-04	Detección	
TOTAL ICP METALS						
Aluminum	24642.9	23399.4	26628.2	23810.9	0,5	mg Al/kg
Antimony	12	<0.6	<0.6	<0.6	0,6	mg Sb/kg
Arsenic	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4	1,4	mg As/kg
Barium	1344.52	70.37	78.55	117.17	0,06	mg Ba/kg
Beryllium	2.00	0.99	0.99	0.99	0,01	mg Be/kg
Boron	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0,2	mg B/kg
Cadmium	3.00	3.96	4.97	3.97	0,02	mg Cd/kg
Calcium	1562	1129	505	452	8	mg Ca/kg
Cerium	45.0	41.6	32.8	38.7	1,2	mg Ce/kg
Cobalt	4.00	3.96	6.96	6.95	0,06	mg Co/kg
Copper	11.99	8.92	10.94	8.94	0,09	mg Cu/kg
Chromium	13.98	18.83	14.91	14.89	0,08	mg Cr/kg
Tin	18.0	9.9	18.9	13.9	0,4	mg Sn/kg
Strontium	29.97	10.90	8.95	7.94	0,08	mg Sr/kg
Phosphorus	889.0	945.5	1031.1	962.2	0,6	mg P/kg
Iron	13545.1	15530.2	16675.0	15887.2	0,8	mg Fe/kg
Lithium	1.1	0.6	0.7	0.5	0,4	mg Li/kg
Magnesium	1695.1	1452.9	1805.7	1907.5	1,2	mg Mg/kg
Manganese	629.31	383.55	342.05	417.04	0,09	mg Mn/kg
Molybdenum	<0.09	3.96	<0.09	<0.09	0,09	mg Mo/kg
Nickel	11.99	10.90	12.93	10.92	0,15	mg Ni/kg
Silver	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	0,15	mg Ag/kg

1 de 2

Av. Víctor Alzamora 346, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 983 400 892
e-mail: labecoventas1@gmail.com / labecoelinformes@gmail.com

LB-F-38
Rev.00

LABECO

CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL-1326



ACCREDITED
Testing Laboratory
TL-1326

INFORME DE ENSAYO N° IE-0414-0414/25

CÓDIGO DE LABORATORIO	0414-1	0414-2	0414-3	0414-4	Límite Detección	Unidad
CÓDIGO DE CLIENTE	M-01	M-02	M-03	M-04		
TOTAL ICP METALS						
Lead	12.99	11.89	11.93	6.95	0,18	mg Pb/kg
Potassium	1421	1025	1297	1029	7	mg K/kg
Selenium	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1,2	mg Se/kg
Silica	137.8	146.7	140.2	121.1	0,8	mg Si/kg
Sodium	404	138	121	104	7	mg Na/kg
Thallium	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0,4	mg Tl/kg
Titanium	233.74	180.38	200.86	127.1	0,06	mg Ti/kg
Uranium	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0,02	mg/Kg
Vanadium	16.0	21.8	21.9	19.9	0,4	mg V/kg
Zinc	76.9	57.5	59.7	71.5	0,8	mg Zn/kg
ORGANOCHLORINE PESTICIDES						
Aldrin	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	mg/Kg PS
ORGANOPHOSPHORUS PESTICIDES						
Parathion	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0,002	mg/Kg
TOTAL METALS						
Mercury	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	0,08	mg/Kg

- Muestrarlo no el el cliente
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente

Método de Análisis:

Total Icp Metals: EPA Method 200.7 - EPA Method 3050 B 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICP-OES / Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils
Organochlorine Pesticides: EPA METHOD 8270E 2018 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry
Organophosphorus Pesticides: EPA METHOD 8270E 2018 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry
Mercury: EPA Method 7471 B 2007 Mercury in solid or semisolid waste (manual cold-vapor technique)



Firmado
digitalmente por
Quim. Ellen Liliana
Deza Montoya
CQP N°1328
Director Técnico

Lima, 11 de Noviembre de 2025.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que produce.

Nota 3: La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".

Nota 5: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Consultoría Ambiental S.A.C

Nota 6: Se adjunta Cadena de Custodia correspondiente a este informe.

Nota 11: Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la muestra ha sido tomada.

Nota 12: Las muestras proporcionadas por el cliente puede afectar la validez de los resultados.

---ooo Fin del Informe ooo---

Av. Víctor Alzamora 346, Urb. Barrio Medico

Surquillo - Lima

Teléfonos: 983 400 892

e-mail: labecoventas1@gmail.com / labecoinformes@gmail.com

LB-F-38

Rev.00

2 de 2

ANEXO 6

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE LA SEGUNDA CAMPAÑA



LABECO
CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC - IAS
CON REGISTRO TL-1326**



INFORME DE ENSAYO N° IE-0414-0443/25

Solicitante : KEVIN JOHAN FLORES FERNANDEZ
Dirección del Solicitante : CACHICOTO - MONZÓN
Atención : KEVIN JOHAN FLORES FERNANDEZ
Proyecto : COMPARACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN POR CONCENTRACIÓN DE PARAQUAT Y GLIFOSATO EN SUELOS AGRÍCOLAS, CENTRO POBLADO DE CACHICOTO, MONZÓN 2025
Lugar de Muestreo : CACHICOTO - MONZÓN
Tipo de Muestra : SUELO
Fecha de Monitoreo : 10/11/25
Fecha de Recepción de Muestra : 15/11/25
Fecha de Inicio de Análisis : 15/11/25
Fecha de Término de Análisis : 22/11/25
Fecha de Emisión : 24/11/25

CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE CLIENTE	COORDENADAS UTM	
		NORTE	ESTE
0443-1	M-p-01	8980894	0369928
0443-2	M-p-02	8980892	0369925
0443-3	M-p-03	8980887	0369927
0443-4	M-p-04	8980863	0369933

In Situ: Datos tomados en campo.

CALIDAD DE SUELO Y SEDIMENTO

CÓDIGO DE LABORATORIO	0443-1	0443-2	0443-3	0443-4	Límite	Unidad
CÓDIGO DE CLIENTE	M-p-01	M-p-02	M-p-03	M-p-04	Detección	
TOTAL ICP METALS						
Aluminum	23501.2	22838.6	19654.1	18467.1	0.5	mg Al/kg
Antimony	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	0.6	mg Sb/kg
Arsenic	15.0	<1.4	<1.4	<1.4	1.4	mg As/kg
Barium	66.95	131.93	81.98	115.92	0.06	mg Ba/kg
Beryllium	1.00	2.00	2.00	1.00	0.01	mg Be/kg
Boron	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	mg B/kg
Cadmium	273.78	408.80	5.00	6.00	0.02	mg Cd/kg
Calcium	376	977	895	655	8	mg Ca/kg
Cerium	27.0	44.0	34.0	29.0	1.2	mg Ce/kg
Cobalt	6.99	7.00	7.00	5.00	0.06	mg Co/kg
Copper	8.99	11.99	8.00	7.00	0.09	mg Cu/kg
Chromium	11.99	11.99	35.99	9.99	0.08	mg Cr/kg
Tin	4.0	3.0	6.0	4.0	0.4	mg Sn/kg
Strontium	6.99	23.99	15.00	12.99	0.08	mg Sr/kg
Phosphorus	7781.8	5827.1	1105.7	984.3	0.6	mg P/kg
Iron	14678.3	14462.8	14505.6	13550.5	0.8	mg Fe/kg
Lithium	4.0	5.0	3.0	3.0	0.4	mg Li/kg
Magnesium	1583.7	1856.1	1339.6	1603.9	1.2	mg Mg/kg
Manganese	274.78	596.70	420.87	231.70	0.09	mg Mn/kg
Molybdenum	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	0.09	mg Mo/kg
Nickel	7.99	10.99	18.99	7.99	0.15	mg Ni/kg
Silver	6.99	5.00	5.00	<0.15	0.15	mg Ag/kg

Av. Víctor Alzamora 346, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 983 400 892
 e-mail: labecoventas1@gmail.com / labecoinformes@gmail.com

LB-F-38
Rev.00

LABECO

CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC - IAS
CON REGISTRO TL-1326



ACCREDITED
Testing Laboratory
TL-1326

INFORME DE ENSAYO N° IE-0414-0443/25

CÓDIGO DE LABORATORIO	0443-1	0443-2	0443-3	0443-4	Límite Detección	Unidad
CÓDIGO DE CLIENTE	M-p-01	M-p-02	M-p-03	M-p-04		
TOTAL ICP METALS						
Lead	22.98	10.99	13.00	7.99	0,18	mg Pb/kg
Potassium	1010	1131	1137	793	7	mg K/kg
Selenium	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1,2	mg Se/kg
Silica	167.9	159.9	125.0	145.9	0,8	mg Si/kg
Sodium	763	767	108	31	7	mg Na/kg
Thallium	11.0	<0.4	6.0	29.0	0,4	mg Tl/kg
Titanium	169.86	157.92	132.96	94.93	0,06	mg Ti/kg
Uranium	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0,02	mg/Kg
Vanadium	19.0	17.0	19.0	16.0	0,4	mg V/kg
Zinc	49.0	54.0	47.0	39.0	0,8	mg Zn/kg
ORGANOCHLORINE PESTICIDES						
Aldrin	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	mg/Kg PS
ORGANOPHOSPHORUS PESTICIDES						
Parathion	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0,002	mg/Kg
TOTAL METALS						
Mercury	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	0,08	mg/Kg

- Muestreado por el cliente
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente

Método de Análisis:

Total Icp Metals: EPA Method 200.7 - EPA Method 3050 B 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic

Emission Spectrometry ICP-OES / Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

Organochlorine Pesticides: EPA METHOD 8270E 2018 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry.

Organophosphorus Pesticides: EPA METHOD 8270E 2018 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry.

Mercury: EPA Method 7471 B 2007 Mercury in solid or semisolid waste (manual cold-vapor technique)



Firmado
digitalmente por
Quím. Ellen Liliana
Deza Montoya
CQP N°1328
Director Técnico

Lima, 24 de Noviembre de 2025.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".

Nota 5: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Consultoría Ambiental S.A.C.

Nota 6: Se adjunta Cadena de Custodia correspondiente a este informe.

Nota 11: Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual ha sido tomada.

Nota 12: Las muestras proporcionadas por el cliente puede afectar la validez de los resultados.

---ooo Fin del Informe ooo---

2 de 2

Av. Víctor Alzamora 346, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima

Teléfonos: 983 400 892

e-mail: labecoventas1@gmail.com / labecoinformes@gmail.com

LB-F-38

Rev.00

ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO



Designación del primer punto junto con el Ingeniero Asesor, Raul Cajahuanca



Punto M1 Pre (Gramoxone) Con el Ingeniero Raul Cajahuanca respectivo
“Asesor” del proyecto de tesis



Muestra de Suelo Pre punto M1 Pre, Con el Ingeniero Raul Cajahuanca respectivo “Asesor” del proyecto de tesis



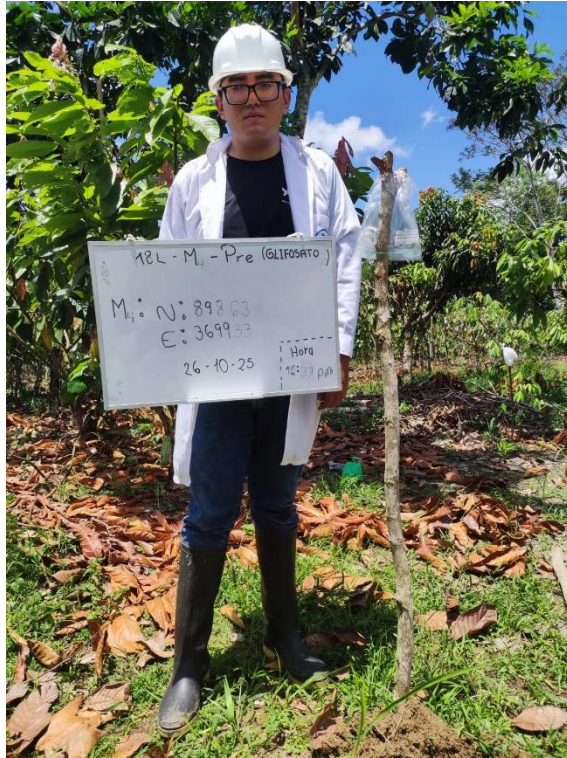
Punto M1 Pre (Gramoxone)



Punto M2 Pre (Gramoxone)



Punto M3 Pre (Glifosato)



Punto M4 Pre (Glifosato)



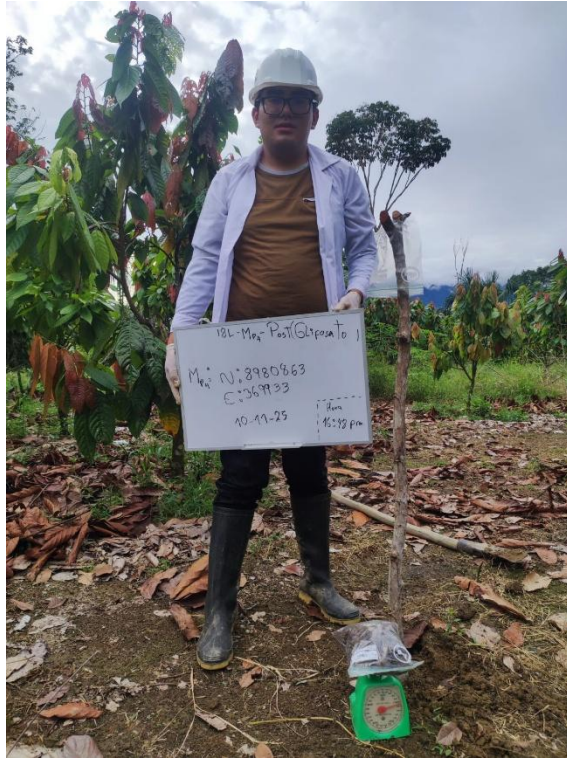
Punto MP1 Post (Gramoxone)



Punto MP2 Post (Gramoxone)



Punto MP3 Post (Glifosato)



Punto MP4 Post (Glifosato)