

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CONTAMINACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR RESIDUOS DE
AGROQUÍMICOS EN LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO, DISTRITO DE**

POMATA - 2025

PRESENTADA POR:

ROBER WILSON QUISPE MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



12.41%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 21 AUG 2025, 5:10 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
3.67%

● CHANGED TEXT
8.73%

Report #28114975

ROBER WILSON QUISPE MAMANI // CONTAMINACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR RESIDUOS DE AGROQUÍMICOS EN LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO, DISTRITO DE POMATA

- 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata, durante el año 2025.

Se empleó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, descriptivo y transversal. El muestreo de suelos se realizó siguiendo la Guía para Muestreo de Suelos y el D.S. N° 002-2013-MINAM, recolectando 30 submuestras en zigzag a 30 cm de profundidad, que fueron homogeneizadas y analizadas en laboratorio. Los resultados evidenciaron que el suelo presenta una textura franco arenosa, pH (7.06) ligeramente alcalino, materia orgánica (2.28%), carbono orgánico (1.32%) y nitrógeno total (0.11%) son claros indicadores de degradación química del suelo, fósforo (9.5ppm) con nivel medio-bajo, potasio (140 ppm) con nivel medio, magnesio (1.8meq/100g) nivel medio, CIC (9.8 meq/100g) con capacidad medio de retención. En conclusión, la salud del suelo en Huapaca Santiago depende de la adopción de estrategias de conservación y del monitoreo regular de sus parámetros físico-químicos para garantizar la sostenibilidad agrícola local. Palabras clave: Agroquímicos, degradación, fertilidad, suelo. ABSTRACT The present investigation aimed to determine the level of agricultural soil degradation due to agrochemical residues in the Huapaca Santiago

Yudy Roxana ALANIA LAQUI

Oficina de Repositorio Institucional

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**CONTAMINACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR RESIDUOS DE
AGROQUÍMICOS EN LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO, DISTRITO DE
POMATA - 2025.**

PRESENTADA POR:

ROBER WILSON QUISPE MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ


PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. MARLENÉ CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 16 de setiembre del 2025.

DEDICATORIA

A mi querida familia,

por ser mi pilar fundamental en cada paso de mi vida. Dedico este trabajo a ustedes, que con su amor, paciencia y apoyo incondicional me han motivado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí, por sus consejos, por su comprensión y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia.

A mis padres, por su sacrificio diario y por brindarme las oportunidades necesarias para alcanzar mis metas. A mis hermanos, por su compañía, alegría y palabras de aliento. Cada logro que obtengo es también de ustedes, porque han estado a mi lado en todo momento.

Este trabajo es un pequeño reflejo de todo lo que me han dado y una muestra de mi eterno agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional que me permite contribuir al desarrollo de mi región.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por proporcionarme las herramientas académicas y científicas necesarias para mi crecimiento profesional.
- A los miembros del jurado calificador, por ser parte de esta investigación y por sus valiosas observaciones y aportes que enriquecieron este trabajo.
- A mi asesor Dr. Esteban Isidro Leon Apaza, por brindarme el apoyo y la orientación necesaria para la culminación de esta investigación, guiándome con paciencia y dedicación en cada etapa del proceso.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ANEXOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1 PROBLEMA GENERAL	13
1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
1.2. ANTECEDENTES	13
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	13
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	22
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	24
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	25
2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	32
2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	33
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	34
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	36
3.5. MÉTODO	36

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO O1: ANALIZAR LA DEGRADACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA, QUÍMICA DEL SUELO AGRÍCOLA DE LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO.	37
4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO O2: DETERMINAR LA COMPOSICIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUELO AGRÍCOLA DE LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO, DISTRITO DE POMATA.	42
4.3. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	47
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Operacionalización de variables	36
Tabla 02: Análisis de la Composición Física	38
Tabla 03: Reacción del Suelo (pH)	38
Tabla 04: Conductividad Eléctrica	39
Tabla 05: Materia Orgánica y Carbono	39
Tabla 06: Nutrientes Disponibles	40
Tabla 07: Cationes Cambiables	41
Tabla 08: Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Saturación de Bases	42
Tabla 09: Composición Física del Suelo	42
Tabla 10: Propiedades Químicas	43
Tabla 11: Disponibilidad de Nutrientes	44
Tabla 12: Cationes Cambiables y Capacidad de Intercambio	45
Tabla 13: Interpretación Agronómica	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Comunidad Huapaca Santiago	33

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	57
Anexo 02: Resultados de Laboratorio	58
Anexo 03: Panel Fotográfico de la toma de muestra del suelo	60

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata, durante el año 2025. Se empleó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, descriptivo y transversal. El muestreo de suelos se realizó siguiendo la Guía para Muestreo de Suelos y el D.S. N° 002-2013-MINAM, recolectando 30 submuestras en zigzag a 30 cm de profundidad, que fueron homogeneizadas y analizadas en laboratorio. Los resultados evidenciaron que el suelo presenta una textura franco arenosa, pH (7.06) ligeramente alcalino, materia orgánica (2.28%), carbono orgánico (1.32%) y nitrógeno total (0.11%) son claros indicadores de degradación química del suelo, fósforo (9.5ppm) con nivel medio-bajo, potasio (140 ppm) con nivel medio, magnesio (1.8meq/100g) nivel medio, CIC (9.8 meq/100g) con capacidad medio de retención. En conclusión, la salud del suelo en Huapaca Santiago depende de la adopción de estrategias de conservación y del monitoreo regular de sus parámetros físico-químicos para garantizar la sostenibilidad agrícola local.

Palabras clave: Agroquímicos, Degradación, Fertilidad, Suelo.

ABSTRACT

The present investigation aimed to determine the level of agricultural soil degradation due to agrochemical residues in the Huapaca Santiago community, Pomata district, during the year 2025. A quantitative approach was used, with a non-experimental, descriptive and cross-sectional design. Soil sampling was carried out following the Soil Sampling Guide and D.S. No. 002-2013-MINAM, collecting 30 zigzag subsamples at a depth of 30 cm, which were homogenized and analyzed in the laboratory. The results showed that the soil has a sandy loam texture, a slightly alkaline pH (7.06), organic matter (2.28%), organic carbon (1.32%), and total nitrogen (0.11%) are clear indicators of soil chemical degradation. Phosphorus (9.5 ppm) is medium-low, potassium (140 ppm) is medium, magnesium (1.8 meq/100 g) is medium, and CEC (9.8 meq/100 g) has a medium retention capacity. In conclusion, soil health in Huapaca Santiago depends on the adoption of conservation strategies and regular monitoring of its physical and chemical parameters to ensure local agricultural sustainability.

Keywords: Agrochemicals, Degradation, Fertility, Soil.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo agrícola por el uso intensivo de agroquímicos constituye uno de los principales desafíos ambientales para la sostenibilidad de los sistemas productivos y la seguridad alimentaria en el Perú y a nivel mundial. El incremento en la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, motivado por la necesidad de aumentar los rendimientos agrícolas, ha generado impactos negativos en la calidad del suelo, la biodiversidad edáfica y la salud humana, como lo señalan diversos estudios recientes según Blanco (2021). En este contexto, la evaluación de la degradación física y química del suelo se vuelve fundamental para comprender el estado actual de los ecosistemas agrícolas y proponer estrategias de manejo sostenible.

En la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata, la agricultura representa la principal fuente de sustento para sus habitantes. Sin embargo, la posible degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos podría afectar la productividad, la calidad de los alimentos y el bienestar de la población local. Factores como el manejo de insumos, la capacitación de los agricultores y las prácticas tradicionales o modernas adoptadas en la zona inciden directamente en la salud del suelo y en la sostenibilidad de la actividad agrícola.

Por ello, la presente investigación plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál es el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata? El estudio tiene como objetivo determinar la composición física y química del suelo y analizar el impacto del uso de agroquímicos en su calidad, a partir de un muestreo sistemático y el análisis de parámetros físico-químicos clave. Los resultados obtenidos permitirán identificar los principales factores de degradación y proponer recomendaciones para mejorar la gestión del suelo agrícola, contribuyendo así a la sostenibilidad de la producción en la región.

El contenido de este trabajo está organizado en: Capítulo I, Planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación; Capítulo II, Marco teórico, conceptual y normativo; Capítulo III, Metodología de la investigación; Capítulo IV, Exposición y análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación del suelo agrícola por el uso intensivo de agroquímicos es un problema creciente a nivel mundial. La necesidad de aumentar la producción de alimentos para una población en constante crecimiento ha llevado a un uso extensivo de pesticidas, herbicidas, fungicidas y fertilizantes sintéticos. Esta contaminación tiene consecuencias significativas a nivel global, incluyendo la degradación de la calidad del suelo, la pérdida de biodiversidad edáfica (organismos que viven en el suelo), la contaminación de fuentes de agua (superficiales y subterráneas), la afectación de la salud humana a través de la cadena alimentaria y la contribución a la pérdida de servicios ecosistémicos cruciales.

La agricultura en Perú juega un papel fundamental en la economía y la seguridad alimentaria. Sin embargo, al igual que en otros países, el uso de agroquímicos se ha intensificado para aumentar la productividad, especialmente en ciertos sectores y regiones. A nivel nacional, existen estudios que documentan la presencia de residuos de agroquímicos en suelos agrícolas y fuentes de agua en diversas regiones del país. Estos estudios resaltan la necesidad de evaluar la magnitud del problema y sus impactos en la salud y el medio ambiente.

En la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata, la agricultura representa una actividad económica fundamental y una fuente de sustento para sus habitantes. La

posible contaminación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos podría tener consecuencias directas en la productividad de sus cultivos, la calidad de sus alimentos y la salud de la población local. Factores como las prácticas agrícolas tradicionales o la adopción de técnicas modernas con un uso intensivo de agroquímicos, la disponibilidad y el manejo de estos insumos, así como la conciencia y capacitación de los agricultores sobre los riesgos y las alternativas, son elementos clave a considerar.

1.1.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata -2025?

1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿ En qué medida los agroquímicos (fertilizantes) degradan la composición física, y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago distrito de Pomata-2025 ?

¿Cuál es la composición física y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Blanco (2021), ejecutó estudios acerca de la "transformación ecológica: ficciones y certezas". Conforme a su indagación, analizó cómo la aplicación desmedida de plaguicidas y abonos químicos impulsa la polución de terrenos y recursos hídricos. La utilización de plaguicidas y abonos químicos promueve la degradación de suelos y masas acuáticas, provocando serios perjuicios ecológicos. Los compuestos químicos agrícolas poseen consecuencias desfavorables en su bienestar físico. A causa de estos impactos nocivos sobre el ecosistema, para el entorno natural, el bienestar de los pequeños cultivadores y su situación financiera, se propone transitar hacia un modelo productivo más respetuoso y perdurable, como la agricultura ecológica. Para salvaguardar la salud

de los agricultores minoristas y su economía, se plantea migrar hacia un paradigma productivo más gentil y duradero, como la agricultura sostenible.

Calle (2021), señala en su exploración denominada "Polución por productos agroquímicos y concentración de metales pesados en terrenos empleados para el cultivo de cacao en la zona insular comunidad la Resistencia, en la municipalidad Coronel Marcelino Maridueña". Identificar la contaminación provocada por sustancias agroquímicas y la acumulación de elementos tóxicos como cadmio y plomo en los terrenos dedicados al cultivo cacaotero constituyó el propósito esencial de esta indagación. Para valorar el nivel de saturación por componentes metálicos tóxicos, se recolectaron especímenes edáficos de tres predios agrícolas a variadas profundidades (0-20, 20-40 y 40-60 cm). Posteriormente, dichas muestras fueron remitidas al centro analítico DEPROINSA para su correspondiente examinación. En esta pesquisa científica se implementó la técnica observacional junto con la metodología deductiva, partiendo de información general para luego, con los resultados obtenidos de los exámenes analíticos realizados a las muestras terrícolas, evaluar las concentraciones acumulativas de los elementos tóxicos en suelos destinados a la producción cacaotera. Se aplicaron procedimientos estadísticos como análisis variacional y prueba comparativa de Tukey ($P < 0,05$) para establecer la existencia de variaciones significativas en las concentraciones de estos metales. Las mediciones de plomo en las diversas capas edáficas alcanzaron 0.33, 0.27 y 0.34 mg/kg, mientras que los valores obtenidos tras la prueba estadística fueron 9.31, 9.07 y 8.95 mg/kg. Los resultados demostraron la ausencia de diferencias estadísticamente relevantes entre las tres profundidades analizadas.

López & Zamora (2023) indica que, el propósito fue evaluar la fecundidad del terreno, mediante indicadores físico-químicos, fundamentado en los resultados obtenidos en el centro analítico. La superficie experimental examinada abarcó 129 hectáreas. Se ejecutó

el registro altimétrico a escala 1:15.000, se obtuvieron 40 muestras con el perforador y se identificaron ocho perímetros en el área analizada. Subsiguientemente, se practicaron excavaciones específicas para los exámenes físicos que contemplaron densidad aparente, granulometría y composición mecánica de los sustratos. Se efectuaron análisis químicos de acidez, componentes orgánicos, contenido fosforado y concentración salina. En referencia a los resultados, se determinó que los terrenos de la ESPAM-M.F.L son apropiados para la explotación agraria, exhibiendo parámetros de fertilidad natural satisfactorios para la actividad agrícola, ganadera y silvícola, con la salvedad del fósforo que manifestó niveles deficientes.

Castañeda et al (2024) exponen la relevancia de la función enzimática edáfica en el ámbito agronómico y la repercusión de los productos agroquímicos sobre esta actividad. La producción agrícola constituye un pilar esencial para el desarrollo económico y el abastecimiento nutricional, sin embargo, las prácticas agrícolas intensivas y la transformación de zonas boscosas en terrenos cultivables han ocasionado efectos perjudiciales en la degradación terrestre, liberando volúmenes significativos de dióxido de carbono hacia la capa atmosférica. Se examinan las diversas categorías de compuestos agroquímicos empleados en labores agrarias como plaguicidas, insecticidas, herbicidas, además de alteraciones en la actividad de enzimas terrestres, considerada un indicador primordial de su vitalidad y condición óptima. Se implementó una compilación bibliográfica de múltiples estudios científicos realizados entre 2002 y 2023, los cuales compendian pesquisas vinculadas con las consecuencias de sustancias agroquímicas sobre la funcionalidad enzimática del suelo y los potenciales mecanismos subyacentes a dichas transformaciones. Entre los resultados se enfatiza la trascendencia de comprender estos efectos y cómo pueden modificar la operatividad de las enzimas responsables de procesos fundamentales como la desintegración de materia orgánica, la accesibilidad a nutrientes y la modulación de microorganismos edáficos. Paralelamente, se sugiere

valorar las implicaciones de estos descubrimientos en la administración agraria y medioambiental, así como en el fomento de metodologías sostenibles que reduzcan la incidencia negativa de productos agroquímicos sobre la actividad enzimática terrestre y los ecosistemas globalmente.

Izquierdo y Arévalo (2021), señalan que la materia orgánica es un parámetro importante, que se utiliza como indicador de calidad del suelo y está relacionado directamente con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además, su cuantificación se requiere para recomendar la cantidad y el tipo de enmiendas que se debe aplicar al suelo. En el presente artículo se compararon dos procedimientos para cuantificar este parámetro. El primero se hizo determinando la materia orgánica por un método químico de la norma NTC 5403 oxidación húmeda propuesto por Walkley y Black en 1934. El segundo método utilizado fue por calcinación llevando las muestras a una mufla por un periodo de dos horas a 360 °C y obteniendo los valores por diferencias de peso. Se compararon las muestras encontrando una alta correlación entre los dos métodos con un coeficiente de determinación de 0.902. Lo anterior indica que se puede obtener los contenidos de materia orgánica por calcinación ahorrando tiempo y recursos, pues su determinación está relacionada con el contenido de humedad del suelo, la densidad aparente y la calidad del suelo.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Jiménez (2022), refiere en su estudio "La utilización de productos químicos agrícolas en el cultivo de tubérculos y la polución del terreno cultivable en la jurisdicción de Chinchero, Cusco Perú". El propósito de la investigación científica fue determinar cómo la aplicación de sustancias agroquímicas en la producción de tubérculos impacta en la contaminación del suelo agrario; para conseguir dicha finalidad se estableció el alcance y metodologías investigativas que fueron descriptivas y explicativas. El procedimiento metodológico consistió en la obtención de especímenes edáficos en las cuencas menores de Piura y

Huaypo. Los resultados demostraron que la aplicación de compuestos químicos agrícolas en el cultivo papero en ambas cuencas menores permitió corroborar y ratificar la existencia de residuos plaguicidas en el terreno cultivable como son organoclorados (Dichorvos, Endosulfan a,b) y organofosforados (Malation). Respecto a los objetivos particulares, los resultados evidencian que los productos agroquímicos influyen en la modificación física del suelo; la muestra corresponde a un terreno franco de textura intermedia perteneciente a la clasificación textural limoso con capacidad de absorber y conservar humedad, lo cual reduce su permeabilidad, favoreciendo la concentración y persistencia de los elementos químicos. Las propiedades químicas del suelo inciden en la variación del pH (6.6) indicando que se sitúa en el rango de neutralidad; la capacidad de intercambio catiónico está directamente vinculada con la presencia de materia orgánica escasa (1 – 0,8) lo que significa que el terreno posee reducida aptitud para retener nutrientes. Las características biológicas efectivamente se transforman en ambas cuencas menores; en suelos con y sin cultivo se detectaron Nematoda y Arcella sp. Inferiores a 1 org/g de sustrato, estos microorganismos habitan en terrenos húmedos y cumplen la función de mantener el flujo energético, ciclo nutritivo y actúan como reguladores de fertilidad; la frecuente aplicación de productos químicos agrícolas contribuye a la reducción poblacional de estos microorganismos.

Peche (2024), estableció como finalidad examinar la contaminación edáfica en plantaciones de papaya (Carica papaya), ocasionada por la utilización de sustancias agroquímicas para el combate de plagas y enfermedades. Se recolectaron especímenes terrícolas de 5 parcelas papayeras, extrayéndose 15 muestras de 1kg c/u de suelo, junto con 3 muestras adicionales de una parcela sin intervención humana para su envío a laboratorio. Los resultados identificaron los componentes químicos agrarios empleados en cultivos papayeros como herbicidas: fuego, propanil, hedonal y glifosato; insecticidas: dimetoato y aldrin; fungicidas: zineb, mancozeb WP y Champión. La tipología edáfica

presente en el distrito correspondió a Cambisol eútrico – vertisol eutrico y Leptosol éutrico – Cambisol éutrico – Regosol éutrico; el área investigativa donde se localizaba la parcela presentaba suelo Cambisol eútrico – vertisol éutrico. Se descubrió que el cadmio manifestó mayor concentración con 1.677 mg/kg, seguido por cromo VI con máxima concentración de 0.7833 mg/kg, sobrepasando ambos los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. El plomo presentó concentración máxima de 13.297 mg/kg, detectándose cantidades moderadas del metal tóxico en el terreno, sin exceder los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Las alternativas estratégicas propuestas para reemplazar productos agroquímicos incluyeron resina de catahua (*hura crepitans*) como plaguicida natural, herbicidas derivados del agua miel cacaotera, fertilizantes orgánicos sólidos (gallinaza, compost bovino, vermicompost, compost de pulpa cafetalera) y corteza de barbasco (*lonchpocarpus nicou*). Se concluyó que los suelos cultivados con papaya (*Carica papaya*) evidencian contaminación debido al uso desmedido de productos químicos agrícolas para controlar plagas, patologías y aumentar rendimientos productivos.

Quispe (2024), señala que la finalidad fue examinar los atributos físicos, químicos y biológicos de los sustratos edáficos. La ocupación primordial en esta demarcación es la explotación agraria. Entre las características físicas analizadas se encontraron: composición granulométrica con clasificación textural que oscila de franco a franco arcilloso, franco arcilloso en terrenos de condición no irrigada; mientras que textura franco en suelos con irrigación; configuración granular fina en terrenos sin riego y estructura granular mediana en suelos irrigados; coloración marrón amarillenta en terrenos de seco y tonalidad marrón rojiza en suelos con irrigación; porosidad del 45% en condiciones irrigadas y 47,7% en seco, capacidad filtrante que fluctúa de 0,96 cm/h en tierras no irrigadas a 1,3 cm/h en suelos con riego; profundidad efectiva de 76,67 cm en terrenos de seco y 66,67 cm en suelos irrigados; inclinación del 35% en tierras no

irrigadas y 51% en suelos con riego y presencia lítica de 1,67% en terrenos de secano y 3,33% en condiciones irrigadas. Respecto a las propiedades químicas, se evaluaron los siguientes parámetros: acidez edáfica (pH) que varía de moderadamente ácido a ligeramente alcalino; capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 19,89 meq/100 g en terreno no irrigado y 18,30 meq/100 g en suelos irrigados; carbonato cálcico (CaCO_3) de 0% en tierras cercanas y 5,67% CaCO_3 en suelos irrigados de categoría elevada; concentración salina (CE) de 0,16 dS/m en terreno sin riego y 0,59 dS/m en suelos irrigados clasificados como muy ligeramente salinos; contenido fosfórico de 16,5 ppm catalogado como alto en tierras cercanas y 7,87 ppm de nivel medio en suelos irrigados y potasio de 108 ppm categoría media en terrenos no irrigados y 299 ppm de nivel medio en suelos con riego. En cuanto a las propiedades biológicas, se examinaron los siguientes indicadores: proporción de materia orgánica que fluctúa entre 1,04% y 2% y la cantidad de lombrices de 12 a 22 ejemplares.

Vivas (2020), menciona que se efectuó una exploración conceptual de las consecuencias de la polución por productos agroquímicos en recursos hídricos y edáficos con el propósito de informar a la población sobre las implicaciones del empleo desproporcionado de estos compuestos químicos. El sector agroindustrial utiliza estas sustancias para potenciar su rendimiento productivo y satisfacer las necesidades poblacionales, no obstante, se han documentado incidentes significativos que ocurrieron y provocaron gran alarma social debido a los efectos que dichos componentes químicos estaban produciendo, no únicamente sobre agua y suelo, sino que también afectaron organismos vivos que estuvieron expuestos a estas sustancias. Los resultados indican que los impactos de los agroquímicos fluctúan debido a su formulación química y a los subproductos que pueden generarse mediante su descomposición. Estos metabolitos pueden resultar más nocivos que el compuesto original. Adicionalmente, las sustancias agroquímicas poseen capacidad de acumulación biológica y magnificación en la cadena

trófica, por lo cual permanecen extensos períodos en el entorno y sus consecuencias pueden resultar mortales; como sucedió con la extinción aviar por la aplicación del DDT en la década de 1950. Paralelamente, las repercusiones de estos elementos dependen también de las condiciones meteorológicas, la tipología edáfica, las propiedades fisicoquímicas del agroquímico y su solubilidad acuosa. En síntesis, estos componentes químicos son considerados perjudiciales para los factores bióticos y abióticos.

Huiza & Quispe (2019), mencionan que, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar los atributos físico-químicos de diferentes tipos de praderas en territorios del CIDCS-Lachocc. Se extrajeron 3 muestras mixtas de cada categoría pratense delimitada, totalizando 45 especímenes analizados en laboratorios de la UNALM. Las muestras fueron obtenidas mediante técnica sistematizada basada en configuración geométrica rectangular a profundidad de 0-20 cm. Para analizar datos físicos se utilizó estadística descriptiva y diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial específico según parcelas. Los resultados evidenciaron predominancia textural franco-arenosa en pastizales (>65% arena, 30% limo, <19% arcilla) sin diferencias estadísticas entre tipos pratenses. El análisis químico mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en pH, materia orgánica y CIC entre variedades pratenses en ciertas parcelas, mientras otras presentaron diferencias en pH, fósforo y potasio. La evaluación determinó que los suelos muestreados (pajonal, césped puneño y bofedal) contienen niveles óptimos de materia orgánica, nitrógeno y potasio, con pH predominantemente ácido (excepto Bofedal Ranramocco). La conductividad eléctrica indicó suelos no salinos (0,05-0,40 dS/m), concentraciones nitrogenadas superiores al mínimo ideal, y niveles potásicos reducidos en bofedales específicos con capacidad de intercambio catiónico media.

Mendoza (2022), indica que, el suelo representa un recurso esencial como base para el crecimiento vegetal y subsecuentemente animal, pero sufre deterioro por inadecuadas prácticas agrícolas mediante uso de productos agroquímicos que modifican sus

cualidades fisicoquímicas y consecuentemente su calidad. La investigación propuso como objetivo: Evaluar el impacto ambiental originado por uso de agroquímicos en terrenos cultivables del Valle de Ica, 2022. El estudio descriptivo con diseño pre-experimental analizó muestras de tierras agrícolas del Valle de Ocucaje, cuyos análisis laboratoriales determinaron valores de pH (7,32), conductividad (0,39 ds/m), carbonato cálcico (1,56%), materia orgánica (0,85%) y capacidad intercambio catiónico (11,65 meq/100g). Empleando Matriz Conesa, se determinó que impactos edáficos son moderados (-47), recursos acuáticos (-42) mientras ecosistemas muestran impactos graves (-51). Los agentes fungicidas (Carboxin-Captan, Tolclofosmethyl, Acephato y Thiram) presentan toxicidad media, mientras plaguicidas (Carbofuran, Tiodicarb) son moderadamente tóxicos y Metomyl extremadamente tóxico. Las encuestas revelaron que 56,66% agricultores desconoce estos efectos negativos y 63,33% trabajadores ha experimentado problemas salubres por contacto con estos compuestos químicos.

Cruz (2019), menciona que, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar y caracterizar la calidad física y química del suelo en los campos agrícolas de la Universidad Nacional Agraria la Molina - UNALM, a partir de los principales parámetros analíticos y su representación mediante herramientas del Sistema de información geográfico dentro de las cuales se hallan parámetros físicos (clasificación textural, densidad aparente, velocidad de infiltración y capacidad de retención de agua disponible) y químicos (pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, K y P disponibles). los cuales son fundamentales para un estudio de suelo donde se indica y se determina sus usos a nivel agrícola. El generar a partir del estudio una base de datos donde cada uno de estos parámetros se normalizó para ser un indicador permitió la obtención de mapas en base al modelamiento geoespacial de las variables físicas y químicas, de las cuales a su vez según el grado de correlación de estos dos modelos se determinó un grado de influencia de 50 por ciento de cada uno, lo

que dio como resultado el modelo geoespacial de calidad global de los campos agrícolas de la UNALM conociendo así en qué áreas existen suelos con calidades desde muy baja hasta muy alta, siendo así de gran utilidad, ya que permitirá saber las aptitudes del suelo, el tipo de riego a aplicar, y que cultivo es a fin a este. Concluyendo que la identificación de la calidad global en la UNALM, producto de la integración de las variables físicas y químicas, permitió determinar calidad alta (5.69 %), y las zonas de una moderada calidad (94.31 %), comprendiendo así el 100% del área de los campos agrícolas de la UNALM.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Lima (2024), menciona en su estudio descriptivo, no experimental, que la meta fundamental es medir el nivel de deterioro del terreno agrario provocado por sustancias agroquímicas industriales. El método investigativo empleado es deductivo, seleccionando cinco predios con diversos intervalos para recolectar muestras en la comunidad de Villa Sicata, aplicándose el protocolo de muestreo para suelos contaminados D.S.N° 002-2013 MINAM. Los resultados demostraron que el contenido orgánico es menor al 2%, indicando degradación del sustrato. Los indicadores examinados incluyeron pH, conductividad, carbonato de calcio, materia orgánica, fósforo, potasio y saturación básica. Se concluye que la contaminación por productos agroquímicos alcanza niveles significativos, recomendándole concientización sobre sus severas consecuencias nocivas para el bienestar humano y los ecosistemas naturales diversos.

Quenta (2024), expresa que, la finalidad investigativa fue examinar la contaminación provocada por abonos artificiales en la calidad del terreno cultivado con papa durante 2023. La metodología consistió en obtener muestras edáficas de áreas identificadas con cultivos paperos tratados con fertilizantes químicos versus suelos sin tratamiento químico, enviándolas posteriormente para análisis laboratorial físico-químico. Los resultados demostraron que los fertilizantes químicos alteran significativamente las características físico-químicas del sustrato destinado al cultivo papero en la localidad de llave,

identificándose variaciones en concentraciones de macronutrientes (P, N, K) y modificaciones en pH, densidad, capacidad de intercambio iónico y contenido orgánico. Mediante enfoque cuantitativo y diseño cuasi-experimental longitudinal, se verificó que los abonos sintéticos generaron efectos negativos como esterilidad y acidificación edáfica. Comparativamente, los fertilizantes químicos alcanzaron concentraciones de P, N y K de 1.8%, 2.17% y 3.8% respectivamente, mientras los abonos naturales lograron niveles superiores de 7.1%, 6.7% y 3.91%, demostrando mayor eficiencia nutricional con menor impacto contaminante.

Chambi (2024), señala que, el sustrato de la Isla Titino - Lago Titicaca, muestra señales de escasa productividad y posible contaminación por inapropiada disposición de residuos sólidos y descarga de aguas servidas al terreno, causando su degradación. La investigación buscó evaluar indicadores fisicoquímicos de fertilidad y contaminación durante julio-agosto 2023, extrayendo 12 muestras conforme al protocolo establecido para análisis en laboratorio de la facultad de Ciencias Agrarias (UNA-Puno). Los resultados revelaron coloración marrón rojiza, composición franco arcillosa, pH alcalino (8.38), elevada humedad (75.41%), CIC moderada (16.92 meq/100), niveles adecuados de nutrientes primarios (N:3.64%, P:32.13ppm, K:51.75ppm) y materia orgánica (3.16%), además de concentraciones de metales pesados (As:32.98mg/kg, Cd:0.28mg/kg, Pb:21.14mg/kg) dentro de parámetros permitidos según normativa D.S 011-2017-MINAM. Se concluye que el suelo insular presenta fertilidad intermedia y cumple estándares agrícolas exceptuando el parámetro de humedad.

Ticona (2022), refiere en su estudio sobre "Eficacia de diferentes concentraciones de biochar para corregir la acidez del terreno agrícola, en invernadero, 2019" con el objetivo de obtener el grado de Ingeniero Ambiental. El fin esencial de la investigación fue determinar la eficacia de varias proporciones de biochar para solucionar la acidificación en suelos cultivables de la Estación Experimental Illpa INIA Anexo Tahuaco. Se aplicó

metodología experimental totalmente aleatorizada con 7 tratamientos de distintas dosis de biochar (0, 0.5, 1, 2, 4, 8 y 16%) repetidos 3 veces. Los resultados demostraron que el biochar de tallos de quinua fue efectivo para remediar suelos ácidos, siendo el tratamiento al 2% (T3) el más eficiente: aumentó el pH en 1.40 unidades, eliminó completamente el aluminio intercambiable y elevó la conductividad eléctrica en 1.38 mmhos/cm, mientras los tratamientos T3 y T4 (2% y 4%) generan mayor productividad de biomasa verde con rendimientos aproximados de 17.8 toneladas/hectárea.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata-2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el nivel de los agroquímicos (fertilizantes) que degradan la composición física, y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago distrito de Pomata -2025.

Determinar la composición física y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

Agroquímicos y su impacto

Los agroquímicos comprenden sustancias químicas usadas para mejorar el rendimiento agrícola mediante el control de plagas, fertilización o manejo fisiológico de cultivos. Su uso excesivo y poco controlado puede derivar en la acumulación de residuos en el suelo, afectando propiedades fisicoquímicas y biológicas, y facilitando la transferencia de contaminantes a la cadena alimentaria. Entre los principales están plaguicidas, herbicidas, fungicidas, fertilizantes nitrogenados y compuestos organofosforados. (Jiménez, 2022).

Composición del suelo

El manto edáfico comprende tres componentes dinámicos interconectados: fase gaseosa (elementos volátiles que desintegran y penetran la superficie), fase líquida (componente acuoso) y fase sólida (aproximadamente 95% materia inorgánica como coloides minerales). El material deriva de la descomposición orgánica y sedimentaria durante la transformación rocosa original. La capa superficial contiene minerales como calcio, magnesio, potasio, sodio, oxígeno, hierro, sílice y óxido cálcico, además de material orgánico vegetal y animal en análisis. Aproximadamente el 5% constituye materia inerte (aluminio y componentes orgánicos), pudiendo hallarse también aminoazúcares indicadores de actividad biológica (Gardi et al., 2013).

Contaminación del suelo

La contaminación del suelo hace referencia a la alteración de la calidad del suelo por la presencia de productos químicos de origen antropogénico. Es decir, es la degradación o destrucción de superficies y suelos por acción humana directa o indirecta.

Los agricultores utilizan pesticidas basándose en la necesidad de proteger los cultivos sin considerar la toxicidad de los productos, lo que resulta en la contaminación de los cultivos con residuos químicos que a su vez afectan el suelo, el aire y el agua. Por lo tanto, es importante comprender los procesos de manejo agronómico de los diversos cultivos que ingresan a los mercados locales y nacionales (Castillo, Ruiz, Manrique, y Pozo, 2020).

Contaminación del suelo agrícola

La contaminación del suelo es las alteraciones de la calidad del mismo por la presencia de sustancias químicas de origen antropogénico, producto principalmente de actividades agrícolas e industriales. Estos contaminantes incluyen agroquímicos como pesticidas, herbicidas, fertilizantes sintéticos y metales pesados. La contaminación edáfica representa una amenaza global, afectando la fertilidad, la biodiversidad y el funcionamiento ecológico del suelo, así como la salud humana y la seguridad alimentaria (Quenta, 2024).

Factores de formación de suelo

Los científicos edafológicos soviéticos Dokuchaev, Polinov, Lomonosov (período 1711-1930) establecieron que los elementos primigenios constituyen un factor crucial en la génesis del sustrato terrícola; consecuentemente, las taxonomías iniciales fueron estructuradas fundamentándose en la geología y composición de los materiales constituyentes del manto edáfico. (Quenta, 2024)

Fertilizantes: Son sustancias químicas beneficiosas para las plantas que mejoran su crecimiento y desarrollo al incrementar la calidad de las raíces en el suelo. Sin embargo, su utilización inadecuada puede tener impactos negativos en el agua, el suelo y el aire.

En el agua, pueden provocar lixiviación y contaminar tanto las aguas subterráneas como las superficiales. En el suelo, pueden alterar el pH y dañar la estructura y la microfauna. Por último, una aplicación excesiva de fertilizantes puede causar problemas como eutrofización, toxicidad del agua, contaminación del aire, degradación del suelo y los ecosistemas, desequilibrios biológicos y pérdida de biodiversidad. (Cruz, 2019)

Gestión y restauración

El manejo sostenible de suelos agrícolas incluye la reducción en el uso de agroquímicos peligrosos, rotación de cultivos, uso de abonos orgánicos, técnicas de biorremediación (como la fitorremediación y aplicaciones de microorganismos biológicos), y monitoreo regular de indicadores fisicoquímicos y biológicos. Estas prácticas ayudan a conservar y restaurar la salud edáfica, asegurando su uso productivo a largo plazo. (Cruz, 2019)

Impacto de los agroquímicos sobre el suelo.

Este incidente alude a la disminución de poblaciones ornitológicas salvajes en la región septentrional del planeta durante las épocas de los 50 y 60; a consecuencia de la aplicación del agente exterminador denominado DDT y diversos plaguicidas clorados empleados en explotaciones agrarias, estos fueron reconocidos como los elementos causantes de dicho fenómeno, puesto que son sustancias venenosas con capacidad de acumulación biológica y magnificación trófica en el ecosistema. (Gomes, 2014) .

Impactos de la contaminación

La acumulación de agroquímicos en el suelo afecta la diversidad biológica microbiana, altera funciones como mineralización y ciclo de nutrientes, y degrada la estructura y fertilidad natural del suelo. Esta situación incrementa el riesgo de transferencias de contaminantes a cultivos alimentarios, afectando la seguridad alimentaria y la salud poblacional. Además, provoca procesos de erosión, salinización y pérdida de suelo fértil, agravando la desertificación y reduciendo la productividad agrícola. (Quenta, 2024)

Indicadores de contaminación y calidad del suelo

Indicadores químicos: pH, conductividad eléctrica, niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, presencia de residuos de pesticidas y metales pesados.

Indicadores biológicos: diversidad y biomasa microbiana, abundancia de macroinvertebrados, actividad enzimática.

Indicadores físicos: textura, densidad, compactación, retención de agua.

Estos indicadores permiten monitorear el estado de salud y contaminación del suelo, facilitando la toma de decisiones para la gestión y recuperación del recurso..(ASALE y RAE, 2025).

Tipos y causas de contaminación

Los contaminantes del suelo pueden ser:

Químicos: metales pesados (plomo, cadmio, mercurio), compuestos orgánicos persistentes (COPs), pesticidas, fertilizantes sintéticos, hidrocarburos.

Físicos y biológicos: compuestos residuales, escombros, residuos orgánicos y patógenos.

La contaminación puede ser puntual, con fuente identificable y localizada, o difusa, extendiéndose en grandes áreas a través del escurrimiento, prácticas de riego y aplicación indiscriminada de agroquímicos.(Cruz, 2019)

Naturaleza del suelo

La superficie terrestre, también denominada estrato edáfico, constituye una combinación heterogénea de sustancias minerales, compuestos orgánicos y componente hídrico que propicia el desarrollo vegetal y mantiene la existencia en nuestro globo terráqueo. Esta amalgama se origina mediante una interacción de fenómenos erosivos, transformaciones químicas y funciones biológicas que generan un conjunto heterogéneo y abundante de materiales. El componente mineral del sustrato terrestre resulta fundamental para la vitalidad de especies vegetales y microorganismos que lo habitan. Suministra elementos nutritivos primordiales como nitrógeno, fósforo y potasio, indispensables para el crecimiento y formación de estructuras radicales y foliares vegetales. La fracción

orgánica, simultáneamente, está conformada por residuos vegetales y animales desintegrados progresivamente. Este mecanismo de descomposición reintegra nutrientes y minerales al sustrato, transformándolo en un medio extraordinariamente nutrido y productivo. El componente acuoso representa igualmente un elemento crucial del sustrato terrestre, pues facilita la movilización de nutrientes y elementos minerales a través del perfil edáfico. Es absorbida mediante sistemas radicales vegetales y utilizada durante la fotosíntesis, procedimiento mediante el cual las plantas transforman la radiación solar en energía. Adicionalmente, el agua contribuye a equilibrar la temperatura edáfica y previene fluctuaciones térmicas extremas, potencialmente dañinas para los microorganismos residentes. En conclusión, la capa superficial terrestre representa un sistema intrincado y cambiante, esencial para la subsistencia y vigor de nuestro planeta. Mediante su compleja combinación de minerales, materia orgánica y agua, proporciona los cimientos fundamentales para toda manifestación vital terrestre. Constituye evidencia del potencial natural y la sorprendente resiliencia del entorno silvestre (Gardi et al., 2013).

Impacto de los agroquímicos sobre el suelo

Este incidente alude a la disminución de poblaciones ornitológicas salvajes en la región septentrional del planeta durante las épocas de los 50 y 60; a consecuencia de la aplicación del agente exterminador denominado DDT y diversos plaguicidas clorados empleados en explotaciones agrarias, estos fueron reconocidos como los elementos causantes de dicho fenómeno, puesto que son sustancias venenosas con capacidad de acumulación biológica y magnificación trófica en el ecosistema (Gomes, 2014).

Otro suceso significativo es el acontecido en 1980 concerniente a la fauna que poblaba las zonas árticas (úrsidos polares y pinípedos); se detectaron componentes de agentes plaguicidas clorados y bifenilos policlorados, a pesar de que en dicha región no se utilizaban, por lo cual se logró establecer que estos elementos químicos podían trasladarse mediante la atmósfera y alcanzar territorios distantes del punto de emisión,

estos compuestos se catalogan como COPs (Compuestos Orgánicos Persistentes), debido a que son bioacumulativos, nocivos y resistentes a la descomposición natural (Welbourn, 2002).

Tipos y causas de contaminación

Los contaminantes del suelo pueden ser:

- Químicos: metales pesados (plomo, cadmio, mercurio), compuestos orgánicos persistentes (COPs), pesticidas, fertilizantes sintéticos, hidrocarburos.
- Físicos y biológicos: compuestos residuales, escombros, residuos orgánicos y patógenos.

La contaminación puede ser puntual, con fuente identificable y localizada, o difusa, extendiéndose en grandes áreas a través del escurrimiento, prácticas de riego y aplicación indiscriminada de agroquímicos.(Cruz, 2019)

MARCO CONCEPTUAL

Propiedades Físicas del Suelo

Las características fisicoquímicas de los sustratos edáficos determinan sustancialmente la aptitud para múltiples aprovechamientos a los que la humanidad los destina. La composición física de un terreno establece la solidez y capacidad portante, la permeabilidad para la infiltración radical, la ventilación, la facultad de evacuación e infiltración hídrica, la maleabilidad, y la retención nutritiva. Se considera imprescindible para los individuos vinculados con la explotación territorial, comprender las propiedades físicas del manto terrestre, para interpretar en qué proporción y de qué manera influyen en el desarrollo vegetal, en qué magnitud y cómo la intervención antropogénica puede modificarlas, y asimilar la relevancia de preservar óptimas condiciones físicas edáficas posibles.

Textura

señala que la composición granulométrica de un sustrato edáfico constituye la distribución proporcional de las dimensiones de los conglomerados particulares que lo componen y está vinculada con el tamaño de las partículas minerales que lo integran y hace referencia a la proporción relativa de las dimensiones de diversos grupos de partículas de un terreno, siendo esta característica un factor que contribuye a determinar la facilidad de suministro de elementos nutritivos, componente hídrico y gaseoso que resultan esenciales para la subsistencia vegetal (Buckman, 1991).

Agroquímico

señala que la química aplicada aborda la implementación de compuestos químicos en la explotación agrícola, como fertilizantes, agentes herbicidas, etc., y del aprovechamiento industrial de sustancias orgánicas derivadas de producciones agrarias, como aceites vegetales, resinas naturales, etc.(ASALE y RAE, 2025).

MARCO NORMATIVO

- Ley General del Ambiente LEY N° 28611: Instaura los fundamentos y disposiciones elementales para garantizar el eficaz ejercicio del derecho a un entorno saludable, equilibrado y apropiado para el íntegro desarrollo vital, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una eficiente administración ambiental y de salvaguardar el ecosistema, además de sus elementos constitutivos.
- Decreto Supremo N° 002 - 2013 - MINAM - Aprueban Estándar Calidad del suelo (ECA): EL Estándar de Calidad Ambiental Suelo – ECA Suelo, constituye el indicador que determina el nivel de concentración o del grado de componentes, compuestos o parámetros físicos, químicos y biológicos, existentes en el sustrato edáfico en su condición de medio receptor, que no supone peligro relevante para la salud humana.
- La Agenda Nacional de acción Ambiental 2013- 2014 aprobada por RM N° 026-2013, establece en su objetivo 9 - prevenir y disminuir la contaminación del suelo.La normativa N° 27446, Legislación del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y el

presente Estatuto Reglamentario, conforman las disposiciones generales en materia de valoración de impacto medioambiental en el ámbito territorial peruano.

2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

El nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos es alto en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata-2025.

2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

Los agroquímicos (fertilizantes) degradan la composición física, y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago distrito de Pomata-2025.

El suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata presenta características físico-químicas determinadas por el análisis de laboratorio

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

Políticamente el área del trabajo de investigación, está ubicado en el distrito de Pomata, provincia de Chucuito, departamento de Puno, Comunidad de Huapaca Santiago. Su ubicación georeferencial precisa se sitúa entre las coordenadas $5^{\circ}44'46''\text{S}$ $70^{\circ}03'31''\text{O}$ / -15.7462244 , -70.0585486 , a una altitud promedio de 4,847 msnm, lo que lo posiciona como un territorio de características climáticas extremas.



Figura 01: Comunidad Huapaca Santiago

Fuente: Google Earth

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Población

La población en el presente estudio estará constituido por 2000 m² del terreno agrícola, ubicado en la comunidad Huapaca Santiago.

Muestra.

Será la misma población de 2000 m². El muestreo será no probabilístico y por conveniencia.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Diseño de investigación: No experimental

Tipo de investigación: Descriptivo-transversal

Metodo: Deductivo-analitico

Materiales a utilizar:

Equipos para muestreo de suelo: Pala, pico, guantes descartables, mascarilla, botas, cinta métrica, bolsa de polietileno para la muestra suelo de aproximadamente un kg. luego esta muestra se llevará a un laboratorio para el análisis del suelo.

DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

Objetivo específico O1: Analizar la degradación de la composición física, química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago.

Para el desarrollo del objetivo, primero se procederá a tomar la muestra de suelo, según la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS. En el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos contaminados.

Materiales para muestreo de suelo:

Pala, pico, una manta para recolectar la muestra, bolsa de polietileno para la muestra, plumón indeleble

Tipo de muestreo: zigzag, previamente trazado en el terreno

Profundidad de muestreo: 30 cm (capa arable)

Estimación del Número total de muestras: 30 muestras de suelo, amontonar y mezclar bien y aplicar el método de cuarteo para tener una muestra representativa de 1kg

La etiqueta de la muestra, debe contar con la siguiente información como mínimo: número o clave única de identificación, lugar del muestreo, nombre del muestreador, fecha y hora del muestreo.

Medidas para asegurar la calidad del muestreo: tener todos los cuidados hasta la entrega al laboratorio.

Objetivo específico O2: Determinar la composición física y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata.

Para el presente estudio el procedimiento es exactamente igual que el objetivo específico 01, para el cumplimiento del presente estudio, será la misma muestra de suelo para el análisis de metales pesados.

- **Materiales para el muestreo.**

Pala, pico, una manta para recolectar la muestra, bolsa de polietileno para la muestra, plumón indeleble.

- **Tipo de muestreo:** zigzag, previamente trazado en el terreno
- **Profundidad de muestreo:** 30 cm (capa arable)
- **Estimación del Número total de muestras:** 30 muestras de suelo, amontonar y mezclar bien y aplicar el método de cuarteo para tener una muestra representativa de 1kg.

La etiqueta de la muestra, debe contar con la siguiente información como mínimo: número o clave única de identificación, lugar del muestreo, nombre del muestreador, fecha y hora del muestreo.

Medidas para asegurar la calidad del muestreo: tener todos los cuidados hasta la entrega al laboratorio.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 01: Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
VI: Residuos de agroquímicos.	Agroquímicos	Fertilizantes Metales pesados	nominal
VD:Contaminación del suelo agrícola	Tipos de contaminantes		nominal

3.5. MÉTODO

Se realizó un muestreo de suelos siguiendo la Guía para Muestreo de Suelos y el D.S. N° 002-2013-MINAM. Se tomaron 30 submuestras en zigzag a 30 cm de profundidad, se homogeneizaron y se obtuvo una muestra representativa de 1 kg. Las muestras fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio para análisis físico-químico, comparando los resultados con los estándares nacionales.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01: ANALIZAR LA DEGRADACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA, QUÍMICA DEL SUELO AGRÍCOLA DE LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO.

Para el desarrollo del objetivo específico de analizar la degradación de la composición física y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, se realizó un muestreo siguiendo la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS y en cumplimiento del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos contaminados. El proceso incluyó el uso de pala, pico, manta, bolsas de polietileno y plumón indeleble. El muestreo se efectuó en zigzag sobre el terreno, a una profundidad de 30 cm (capa arable), recolectando 30 submuestras que fueron homogeneizadas y reducidas mediante el método de cuarteo, obteniendo una muestra representativa de 1 kg. Cada muestra fue debidamente etiquetada y se tomaron todas las medidas necesarias para asegurar la calidad hasta su entrega al laboratorio.

A continuación, se presentan los resultados del análisis físico-químico realizado por el laboratorio (ver anexo 02), organizados en cuadros y acompañados de su respectiva interpretación.

Tabla 02: Análisis de la Composición Física

Parámetro	Valor
Arena (%)	67
Limo (%)	18
Arcilla (%)	15
Clase Textural	Franco arenoso

Interpretación:

En la tabla 02 se muestra que el suelo presenta una clase textural franco arenoso: arena (67%) indica que el suelo tendrá una textura predominantemente gruesa. Esto significa que las partículas son relativamente grandes, lo que favorece un buen drenaje y aireación, limo (18%) Ayuda a que el suelo retenga algo de humedad y nutrientes, y también puede contribuir a una estructura más suave, arcilla (15%) Una cantidad moderada de arcilla mejora la capacidad de retención del suelo sin causar problemas de drenaje excesivo. Según Cruz (2019), la textura del suelo es un factor clave para definir su capacidad de retención de agua y nutrientes, coincide con el 18% de limo.

Análisis de la Composición Química

Tabla 03: Reacción del Suelo (pH)

Parámetro	Valor
pH	7.06

Interpretación:

En la tabla 03 se visualiza que el pH neutro es óptimo para la mayoría de cultivos agrícolas, sin indicios de acidez o alcalinidad que puedan afectar la productividad. Según

Cruz (2019), un pH equilibrado es fundamental para la salud del suelo y la productividad agrícola.

Tabla 04: Conductividad Eléctrica

Parámetro	Valor
C.E. (mS/cm)	0.38

Interpretación:

En la tabla 04 se muestra que la conductividad eléctrica es muy baja, lo que indica ausencia de problemas de salinidad y es favorable para el desarrollo de los cultivos. Esto coincide con los hallazgos Cruz (2019), quien reporta que los excedentes de salinidad pueden provocar restricciones tanto en la disponibilidad hídrica como en la capacidad de absorción de nutrientes esenciales por los cultivos. Así, el mantenimiento de niveles bajos de conductividad eléctrica no solo asegura la salubridad del recurso hídrico para riego, sino que contribuye directamente a optimizar el crecimiento y la productividad de los cultivos en la zona.

Tabla 05: Materia Orgánica y Carbono

Parámetro	Valor
Materia orgánica (%)	2.28
Carbono orgánico (%)	1.32
Nitrógeno total (%)	0.11

Interpretación: Los resultados de Materia Orgánica (2.28%), Carbono Orgánico (1.32%) y Nitrógeno Total (0.11%) obtenidos del suelo agrícola de la comunidad de Huapaca

Santiago (Tabla 05) son claros indicadores de degradación química. Estos bajos niveles reflejan una fertilidad natural reducida y una capacidad limitada del suelo para sostener la productividad agrícola a largo plazo.

En comparación, Izquierdo y Arévalo (2021) destacan la materia orgánica como un indicador clave de la calidad del suelo. Los hallazgos de esta investigación difieren significativamente de lo esperado para un suelo saludable, lo que confirma el estado de degradación en la zona de estudio.

Tabla 06: Nutrientes Disponibles

Parámetro	Valor
Fósforo (P) (ppm)	9.5
Potasio (K) (ppm)	140

Interpretación: La deficiencia marcada de Fósforo (9.5 ppm) es un indicador crítico de la degradación de la composición química y de la fertilidad del suelo, limitando directamente la productividad agrícola. Aunque el Potasio (140 ppm) parece estar en un rango aceptable por ahora, el contexto general de baja materia orgánica y nitrógeno sugiere que la capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes es débil. Según Cruz (2019), la deficiencia de fósforo es un claro indicador de degradación química y limitación productiva, coincide con el resultado de deficiencia marcada de fósforo.

Tabla 07: Cationes Cambiables

Parámetro	Valor (me/100g)
Calcio (Ca^{2+})	5.4
Magnesio (Mg^{2+})	1.8
Potasio (K^+)	0.25
Sodio (Na^+)	0.32
Aluminio (Al^{3+})	0.00

Interpretación: EL suelo (tabla 07) presenta una base de cationes esenciales con niveles adecuados de Calcio (5.4 me/100g) lo que indica una buena disponibilidad de este nutriente, Magnesio (1.8 me/100g), indica una buena disponibilidad y la ausencia de Aluminio (de 0.00 me/100 g) esto significa que el suelo no presenta toxicidad por aluminio, sin embargo, el Potasio (0.25 me/100g) es un factor limitante, ya que su nivel es bajo, Sodio (0.32 me/100g) es bajo, indica que no hay problemas de salinidad o sodicidad en el suelo por exceso de sodio intercambiable. Según Cruz (2019), la ausencia de aluminio es favorable, ya que evita toxicidad. La saturación de bases y el balance de cationes son indicadores de fertilidad y buena calidad del suelo.

Tabla 08: Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Saturación de Bases

Parámetro	Valor
CIC (me/100g)	9.8
Saturación de bases (%)	79.2

Interpretación: El suelo muestra (tabla 08) una capacidad de retención de nutrientes moderada (CIC de 9.8 me/100g), sin embargo la alta saturación de bases (79.2%) compensa en gran medida indicando que los nutrientes están en su mayoría en formas aprovechables para las plantas. Según Julca et al. (2006), la textura franco arenosa implica riesgo de degradación física por lixiviación y baja retención de nutrientes.

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO O2: DETERMINAR LA COMPOSICIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUELO AGRÍCOLA DE LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO, DISTRITO DE POMATA.

Tabla 09: Composición Física del Suelo

Parámetro	Valor (%)	Descripción
Arena	67	Predominancia de partículas gruesas
Limo	18	Fracción media
Arcilla	15	Menor proporción de partículas finas
Textura	-	Franco arenoso

Interpretación

En la tabla 09 se muestra que el suelo presenta una textura franco arenosa, dominada por arena (67%), lo que favorece el drenaje y la aireación. Sin embargo, la baja proporción de arcilla (15%) limita la capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que puede afectar la disponibilidad de estos para los cultivos. Un resultado similar fue reportado por Huiza & Quispe (2019) en praderas de Puno, donde también se encontró una textura franco arenosa con alto contenido de arena y baja proporción de arcilla. Ellos concluyeron que esta textura favorece el drenaje pero limita la retención de agua y nutrientes, coincidiendo con lo observado en el suelo de la comunidad Huapaca Santiago.

Tabla 10: Propiedades Químicas

Parámetro	Valor	Interpretación
pH	7.06	Ligeramente alcalino
Conductividad eléctrica	0.38 mS/cm	No salino
Materia orgánica (M.O.)	2.28%	Nivel medio
Carbono orgánico (C.O.)	1.32%	Moderado
Nitrógeno total (N)	0.11%	Bajo

Interpretación:

En la tabla 10 se muestra que el pH de 7.06 indica un suelo ligeramente alcalino, adecuado para la mayoría de cultivos. La conductividad eléctrica baja (0.38 mS/cm) descarta problemas de salinidad. La materia orgánica es moderada, lo que contribuye a la fertilidad, pero el nitrógeno total es bajo, por lo que se recomienda suplementar este

nutriente para mejorar el rendimiento agrícola. Resultados similares fueron encontrados por Quispe (2024), quien reportó suelos agrícolas con pH de moderadamente ácido a ligeramente alcalino, niveles bajos a moderados de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico variable. Al igual que en la comunidad Huapaca Santiago, Quispe observó que la materia orgánica influye positivamente en la fertilidad, pero que la baja presencia de nitrógeno puede limitar el desarrollo de los cultivos, recomendando por ello la aplicación de enmiendas y fertilización adecuada para mejorar el rendimiento agrícola.

Tabla 11: Disponibilidad de Nutrientes

Nutriente	Valor	Interpretación
Fósforo (P)	9.5 ppm	Medio-bajo
Potasio (K)	140 ppm	Medio

Interpretación:

En la tabla 11 se muestra que el fósforo disponible se encuentra en un nivel medio-bajo, lo que puede limitar el desarrollo de cultivos exigentes en este nutriente. El potasio está en un nivel medio, suficiente para la mayoría de cultivos, pero debe monitorearse según las necesidades específicas. En estudios realizados en suelos agrícolas de Puno, como el de Jiménez (2022), se encontró que el fósforo suele estar en niveles medios o bajos y el potasio en niveles medios, situación similar a la observada en Huapaca Santiago. Estos resultados sugieren que, aunque el potasio suele ser suficiente para la mayoría de cultivos, el fósforo puede convertirse en un factor limitante para cultivos exigentes, por lo que se recomienda monitorear y ajustar la fertilización según las necesidades específicas del cultivo.

Tabla 12: Cationes Cambiables y Capacidad de Intercambio

Cación/CIC/S.B.	Valor	Interpretación
Calcio (Ca²⁺)	5.4 meq/100g	Adecuado
Magnesio (Mg²⁺)	1.8 meq/100g	Medio
Potasio (K⁺)	0.25 meq/100g	Bajo-medio
Sodio (Na⁺)	0.32 meq/100g	Bajo, sin riesgo de sodicidad
CIC	9.8 meq/100g	Capacidad media de retención
Saturación de bases (S.B.)	79.2%	Alta disponibilidad de cationes

Interpretación:

En la tabla 12 se muestra que el suelo muestra niveles adecuados de calcio y magnesio, bajo-medio de potasio y bajo de sodio, sin riesgos de sodio. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es media, acorde a la textura, y la saturación de bases es alta, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. De acuerdo con Quispe (2024), suelos agrícolas de la región también presentaron niveles adecuados de calcio y magnesio, así como una capacidad de intercambio catiónico media y alta saturación de bases, condiciones que favorecen la disponibilidad de nutrientes. Esto coincide con los resultados obtenidos en Huapaca Santiago, donde la fertilidad natural del suelo es adecuada, aunque se recomienda monitorear el potasio para asegurar un balance nutricional óptimo en los cultivos.

Tabla 13: Interpretación Agronómica

Fortalezas	Limitaciones
pH cercano al neutro	Bajo contenido de nitrógeno total (0.11%)
Ausencia de problemas de salinidad	Textura franco-arenosa: poca retención de agua y nutrientes
Buena saturación de bases	Fósforo medio-bajo
Estructura física favorable para el drenaje	

La interpretación del cuadro presentado es la siguiente:

En la tabla 13 se muestra que el suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago muestra fortalezas importantes para la producción, como un pH cercano al neutro, lo cual favorece la disponibilidad de nutrientes para la mayoría de cultivos. Además, la ausencia de problemas de salinidad garantiza que las plantas no sufrirán estrés por sales, y la buena saturación de bases indica adecuada presencia de cationes esenciales para el desarrollo vegetal. La estructura física favorable para el drenaje permite que el exceso de agua no se acumule, evitando problemas de anegamiento y facilitando el manejo agrícola.

Sin embargo, también se identifican limitaciones: el bajo contenido de nitrógeno total (0.11%) puede restringir el crecimiento de los cultivos y requerir suplementación con fertilizantes nitrogenados. La textura franco arenosa implica una poca retención de agua y nutrientes, lo que puede afectar la eficiencia del uso de fertilizantes y la disponibilidad hídrica para las plantas. Finalmente, el fósforo medio-bajo puede limitar el desarrollo

óptimo de cultivos exigentes en este nutriente, por lo que sería necesario considerar su suplementación.

En conjunto, el suelo presenta condiciones favorables para la agricultura, pero requiere un manejo adecuado de fertilización y conservación para superar sus limitaciones y mantener su productividad. Estos resultados coinciden con lo reportado por Lima (2024), en la comunidad de Villa Sicata (Puno), donde se identificaron suelos agrícolas con pH cercano a la neutralidad, baja salinidad y buena saturación de bases, factores que favorecen la producción agrícola. Sin embargo, también se observó materia orgánica moderada y bajo contenido de nitrógeno, lo que requiere suplementación para mantener la fertilidad y el rendimiento de los cultivos, tal como sucede en la comunidad Huapaca Santiago.

4.3. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

- **Hipótesis general**

Hipótesis: El nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos es alto en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata - 2025.

H₀: El nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos no es alto.

H₁: El nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos es alto.

Resultado:

Tal como se observa en la Tabla 05 (Materia orgánica y carbono), el contenido de materia orgánica es de 2.28%, el carbono orgánico de 1.32% y el nitrógeno total de solo 0.11%, acompañados de una deficiencia de fósforo de 9.5 ppm (Tabla 06 , Nutrientes disponibles) y una textura franco arenosa con 67% de arena (Tabla 02 y Figura correspondiente). Estos valores indican baja disponibilidad de nutrientes y menor capacidad de retención de agua.

Conclusión:

Se rechaza H_0 y se acepta H_1 : El suelo presenta un alto nivel de degradación química y física atribuible a la pérdida de nutrientes y estructura.

● **Hipótesis específica 1**

Hipótesis: El uso de agroquímicos cambia las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola.

H_0 : El uso de agroquímicos no ocasiona cambios significativos.

H_1 : El uso de agroquímicos sí ocasiona cambios significativos.

Resultado:

La Tabla 02 (Composición física) y la Tabla 09 (Composición física general) muestran una textura franco arenosa con 67% de arena, lo que reduce la retención hídrica. La Tabla 10 (Propiedades químicas) indica nitrógeno total bajo (0.11%), fósforo medio-bajo (9.5 ppm, Tabla 11) y materia orgánica moderada (2.28%), lo que sugiere agotamiento progresivo de fertilidad.

Conclusión:

Se rechaza H_0 y se acepta H_1 : Los agroquímicos influyen en la pérdida de nutrientes y en la modificación de propiedades físicas y químicas del suelo.

● **Hipótesis específica 2**

Hipótesis: Los agroquímicos degradan la composición física y química del suelo agrícola.

H_0 : No degradan la composición física y química.

H_1 : Sí degradan la composición física y química.

Resultado:

En la Tabla 12 (Cationes cambiables y CIC), el potasio presenta un valor bajo-medio (0.25 me/100g), mientras que otros cationes están en niveles adecuados. La textura observada en la Tabla 02 limita la retención de nutrientes y el nivel de fósforo medio-bajo (Tabla 11) es un indicador de degradación química.

Conclusión:

Se rechaza H_0 y se acepta H_1 : La textura, la pérdida de nutrientes y el bajo contenido de materia orgánica confirman la degradación físico-química asociada al uso de agroquímicos.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El análisis del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata, evidencia que, si bien existen condiciones favorables como el pH (7.06) cercano a la neutralidad, buena saturación de bases y ausencia de salinidad, también se presentan signos de degradación química moderada, principalmente reflejados en el bajo contenido de nitrógeno total, fósforo disponible y materia orgánica. El uso de agroquímicos (fertilizantes) ha generado cambios en la composición físico-química del suelo, lo que puede limitar la productividad agrícola a mediano y largo plazo si no se implementan prácticas de manejo y conservación adecuadas. En cuanto a la hipótesis, el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos NO es alto, por lo que se rechaza la hipótesis alterna.

SEGUNDA: El nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago no es crítico, pero sí se observan síntomas de deterioro, principalmente en la disminución de materia orgánica (2.28%) y nitrógeno total (0.11%), carbono orgánico (1.32%), fósforo (9.5ppm), potasio (140 ppm), magnesio (1.8meq/100g). Los parámetros físico-químicos analizados muestran que el suelo está en estado de degradación progresiva.

TERCERA: El uso de agroquímicos (fertilizantes) en la comunidad Huapaca Santiago ha modificado la composición física y química del suelo, evidenciándose una textura franco arenosa con baja retención de nutrientes y agua, así como niveles bajos de nitrógeno y

fósforo. Estos cambios, aunque no extremos, pueden afectar la fertilidad y la sostenibilidad agrícola si no se corrigen oportunamente.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A los agricultores de la comunidad Huapaca Santiago implementar prácticas de manejo sostenible del suelo, como la incorporación de materia orgánica (compost) y la rotación de cultivos, para mejorar la fertilidad y prevenir la degradación progresiva causada por el uso de agroquímicos.

SEGUNDA: A los agricultores y técnicos agrícolas capacitarse en el uso racional de fertilizantes agroquímicos y en técnicas de conservación del suelo, con el fin de reducir la degradación y mantener la productividad agrícola en la comunidad Huapaca Santiago.

TERCERA: A las autoridades responsables del sector establecer programas de monitoreo periódico sobre el cuidado del recurso suelo como fuente de seguridad alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- ASALE, R.-, y RAE. (2025). Agroquímico, agroquímica | Diccionario de la lengua española. En «*Diccionario de la lengua española*»—*Edición del Tricentenario*. Recuperado de <https://dle.rae.es/agroquímico>
- Blanco Villacorta, M. W. (2021). La revolución verde: Mitos y verdades caso Bolivia. *Apthapi*, 7, 2213.
- Buckman, H. O. (1991). *Naturaleza y propiedades de los suelos Texto de edafología para enseñanza* (4a. reimp.). México: Limusa.
- Calle Shagñay, Á. L. (2021). *Contaminación por agroquímicos y acumulación de cadmio y plomo en suelos dedicados a la producción de cacao del sector la isla recinto la resistencia en el cantón coronel Marcelino Maridueña..* (Quevedo-Ecuador). Quevedo-Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6393>
- Castañeda, B., Ramírez, C., y Trujillo, D. (2024). *Efecto de los agroquímicos en la actividad enzimática del suelo agrícola: Una revisión bibliográfica*. 15(2). <https://doi.org/10.22579/22484817.1082>
- Castillo, B., Ruiz, J. O., Manrique, M. A., y Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete. *Revista ESPACIOS*, 41(10). Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/20411011.html>
- Chambi Castro, J. (2024). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino—Puno 2023* (Universidad Privada San Carlos). Universidad Privada San Carlos. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/694>
- Cruz Fajardo, K. F. (2019). *Mapeo y análisis de calidad física y química de los suelos agrícolas de la Universidad Nacional Agraria La Molina aplicando herramientas*

- SIG. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3939>
- Gardi, C., Barcelo, S., Angelini, M., Olmedo, G., Comerma, J., Cruz-Gaistardo, C., ... Rodriguez, D. (2019). (PDF) *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262731098_Atlas_de_suelos_de_America_Latina_y_el_Caribe
- Gomes, Y. (2014). *Newman, Michael C - Fundamentals of Ecotoxicology The Science of Pollution* (2014, CRC Press). Recuperado de https://www.academia.edu/36872120/Newman_Michael_C_Fundamentals_of_Ecotoxicology_The_Science_of_Pollution_2014_CRC_Press_
- Huiza Matamoros, W., y Quispe Torres, J. C. (2019). *Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo de los tipos de pastizal del Centro de Investigación de Camélidos sudamericanos—Lachocc* (Universidad Nacional de Huancavelica). Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1171>
- Izquierdo Bautista, J., y Arévalo Hernández, J. J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20-28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>
- Jiménez Aguilar, C. (2022). *Uso de agroquímicos en el cultivo de papa y la contaminación del suelo agrícola en el distrito de Chinchero, Cusco, Perú*.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., y Bello-Amez, S. (2006). LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia* (Arica), 24(1), 49-61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Lima Lima, G. M. (2024). *Contaminación del suelo agrícola por agroquímicos industriales de la comunidad de Villa Sicata del Distrito de Ilave—2023*.

- López Párraga, G. M., y Zamora Mera, A. R. (2023). *Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el área de Investigación, Innovación y Desarrollo de la ESPAM - MFL.* (bachelorThesis, Calceta: Espam). Calceta: Espam. Recuperado de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8223570>
- Mendoza Bonifacio, N. E. (2022). *Evaluación del impacto ambiental por el uso de agroquímicos en suelos agrícolas del valle de la provincia de Ica, año 2022.*
- Peche Isuiza, J. (2024). *Contaminación de suelos por uso de agroquímicos en cultivos de papaya (Carica papaya), del distrito de Tingo de Ponasa, Provincia de Picota, 2022.*
- Quenta Layme, J. C. (2024). *Efecto de la contaminación por fertilizantes químicos en la calidad de suelo de cultivo de Solanum Tuberosum en el Distrito de Ilave 2023.* (UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS). UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1009>
- Quispe Ñahui, E. G. (2024). *Caracterización física, química y biológico de suelos del distrito de Callanmarca—Angaraes—Huancavelica* (Universidad Nacional de Huancavelica). Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/160>
- Thompson, L. M., y Troeh, F. R. (1980). *Los suelos y su fertilidad.* Reverte.
- Ticona Encinas, B. (2022). *Eficiencia de diferentes dosis de biochar para remediar la acidificación del suelo agrícola, en invernadero, Puno, 2019.*
- Vivas Darío, G. D. (2020). *Efectos de la contaminación por agroquímicos en agua y suelo.*
- Welbourn, P. (2002). *Environmental Toxicology* (D. A. Wright, Ed.). New York.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: CONTAMINACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR RESIDUOS DE AGROQUÍMICOS EN LA COMUNIDAD HUAPACA SANTIAGO, DISTRITO DE POMATA 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
¿Cuál es el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata -2025?	Determinar el nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata-2025	El nivel de degradación del suelo agrícola por residuos de agroquímicos es alto en la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata-2025	VI: Residuos de agroquímicos. VD. Contaminación del suelo agrícola	Fertilizantes industriales(NPK)	ECA del suelo Decreto Supremo 011-2017-MINAM Guía de muestreo de suelo contaminado Laboratorio	Diseño de investigación: no experimental de tipo descriptivo transversal longitudinal Población: 2,000m ² Método estadístico: Estadística descriptiva
¿Cuál es la composición física y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata?	Determinar la composición física y química de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata	El uso de agroquímicos (fertilizantes) cambia las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago, distrito de Pomata.				
¿ En qué medida los agroquímicos (fertilizantes) degradan la composición física, y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago distrito de Pomata ?	Determinar el nivel de los agroquímicos (fertilizantes) que degradan la composición física, y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago distrito de Pomata	Los agroquímicos (fertilizantes) degradan la composición física, y química del suelo agrícola de la comunidad Huapaca Santiago distrito de Pomata				

Anexo 02: Resultados de Laboratorio



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN
DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741.

INFORME DE ENSAYO 0078/MQA
ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : COMUNIDAD HUAPACA – SANTIAGO POMATA
SOLICITANTE : ROBER WILSON QUISPE MAMANI.
MOTIVO : Análisis Físico – Químico.
MUESTREO : 21/05/2025 (Por el interesado)
ANÁLISIS : 22/05/2025.

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ²⁻ %	M.O. %	C.O %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %					
01	M - 01	67	15	18	Franco Arenoso	0.00	2.28	1.32	0.11

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
						me/100 g suelo						
01	7.06	0.38	1.9	9.5	140	5.4	1.8	0.25	0.32	0.00	9.8	79.2

FaA = Franco arcillo arenoso
Ar = Arcilloso
FA = Franco arenoso
CIC = Capacidad Intercambio Cationico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiabile
A = Arena
Ca²⁺ = Calcio cambiabile
Na⁺ = Sodio cambiabile
CO₃²⁻ = Carbonatos
me = miliequivalente.

FAr = Franco arcilloso
M.O. = Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
mS/cm = milisiemens por centimetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiabile
NC = no corresponde



Gerente



Ingeniero Químico



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN
DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL
RUC: 20612800741.

METODOLOGIA DE ANALISIS

Parámetro	Método Analítico	Instrumento/Procedimiento
Clase textural	Método del hidrómetro o tamizado	Hidrómetro, tamices, dispersante químico
Arena, limo, arcilla	Método del hidrómetro o tamizado	Hidrómetro, tamices, balanza analítica
pH	Potenciometría	Potenciómetro calibrado, relación 1:2.5 muestras de tierra:agua
Conductividad eléctrica (CE)	Conductimetría	Conductímetro, relación 1:5 muestras de tierra:agua
Materia orgánica (MO)	Método de Walkley-Black	Digestión química con dicromato de potasio
Nitrógeno total	Método Kjeldahl	Digestor Kjeldahl y destilador
Fósforo disponible	Método de Olsen	Espectrofotómetro UV-Vis
Potasio disponible	Extracción con acetato de amonio 1N, pH 7	Absorción Atómica
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Extracción con acetato de amonio 1N, pH 7	Valoración por titulación
Calcio cambiante (Ca)	Extracción con acetato de amonio 1N, pH 7	Espectrofotómetro de absorción atómica
Magnesio cambiante (Mg)	Extracción con acetato de amonio 1N, pH 7	Espectrofotómetro de absorción atómica
Sodio cambiante (Na)	Extracción con acetato de amonio 1N, pH 7	Espectrofotómetro de emisión de flama
Potasio cambiante (K)	Extracción con acetato de amonio 1N, pH 7	Espectrofotómetro de emisión de flama
Aluminio cambiante (Al)	Extracción con KCl 1N	Valoración con NaOH
Carbonatos (CO ₃ -Z)	Método volumétrico con HCl	Aparato de Bernard

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida - a una cuadra del local Pégola - Puno
Cel. 973296546 - 983003185

Anexo 03: Panel Fotográfico de la toma de muestra del suelo

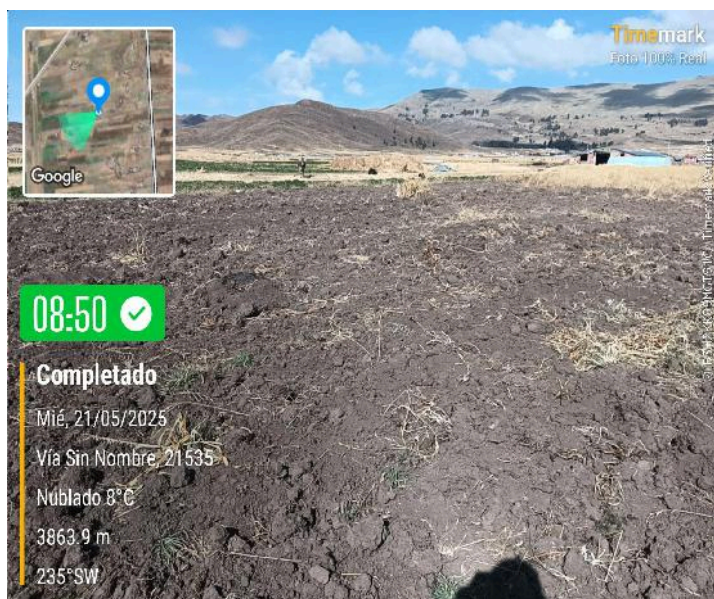


Figura 01: Vista panorámica de zona de estudio

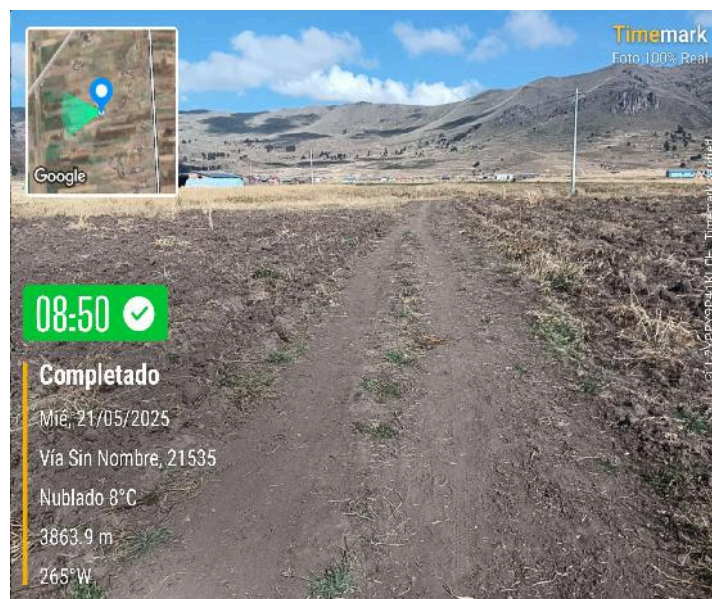


Figura 02: Zona de estudio

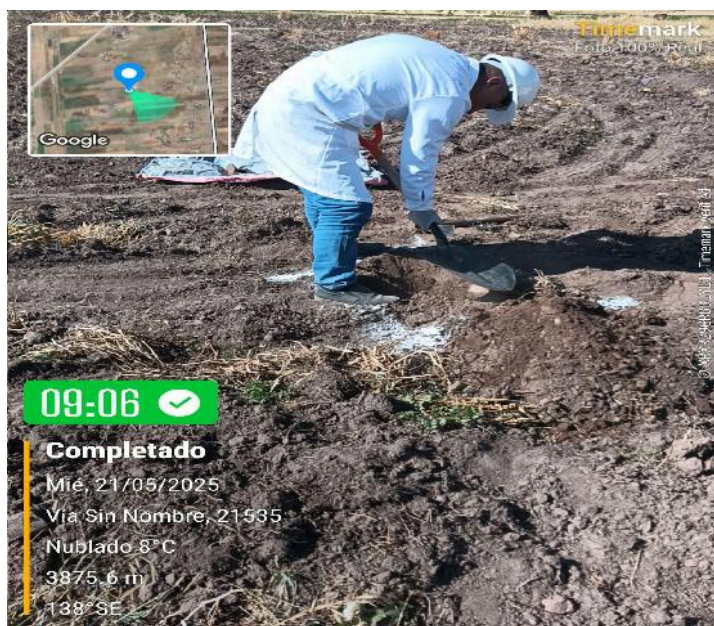


Figura 03: Excavación del suelo para la toma de muestra.



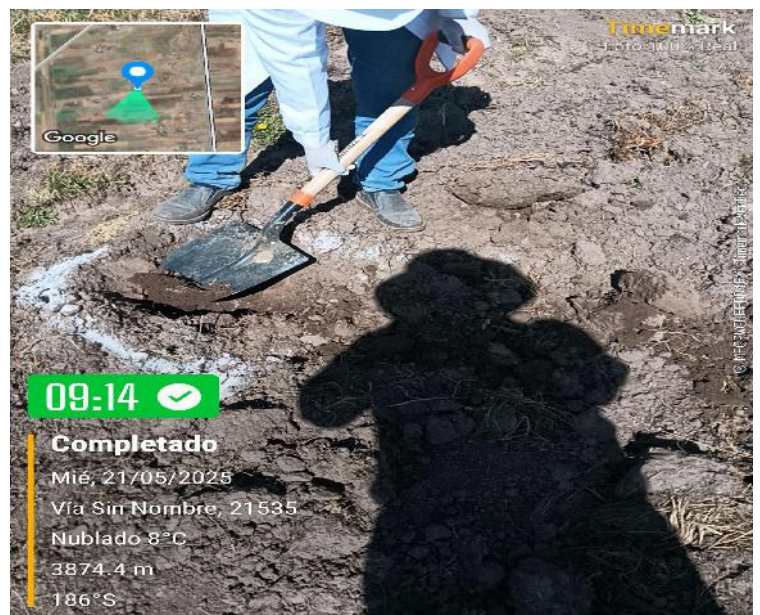


Figura 04: Recojo de muestras de diferentes partes trazadas en zigzag

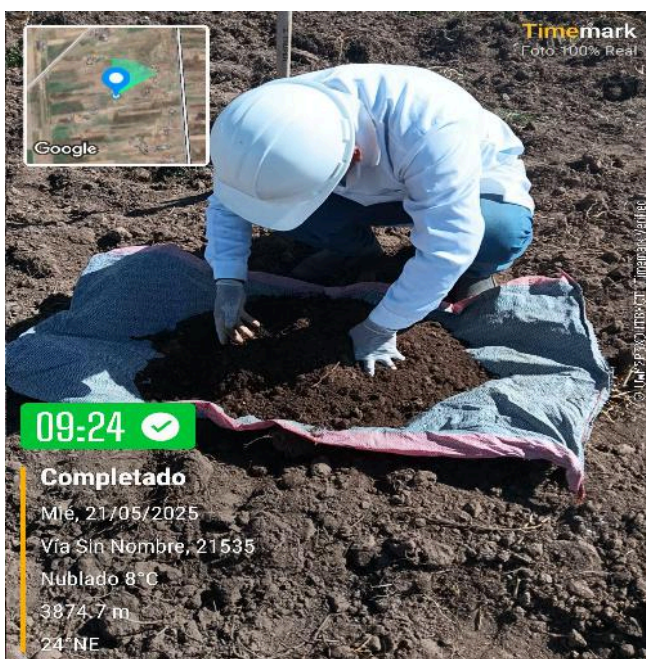


Figura 05: Recojo de las muestras y amontonamos, mezclamos bien.

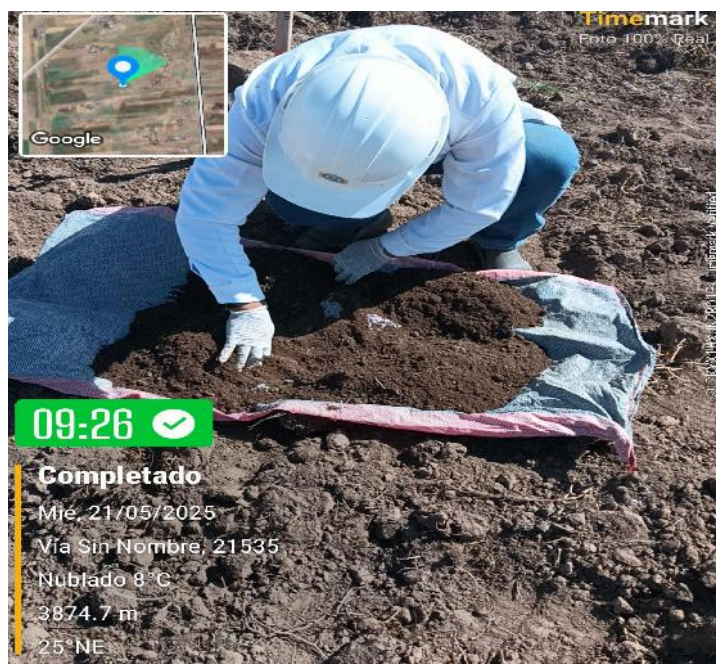
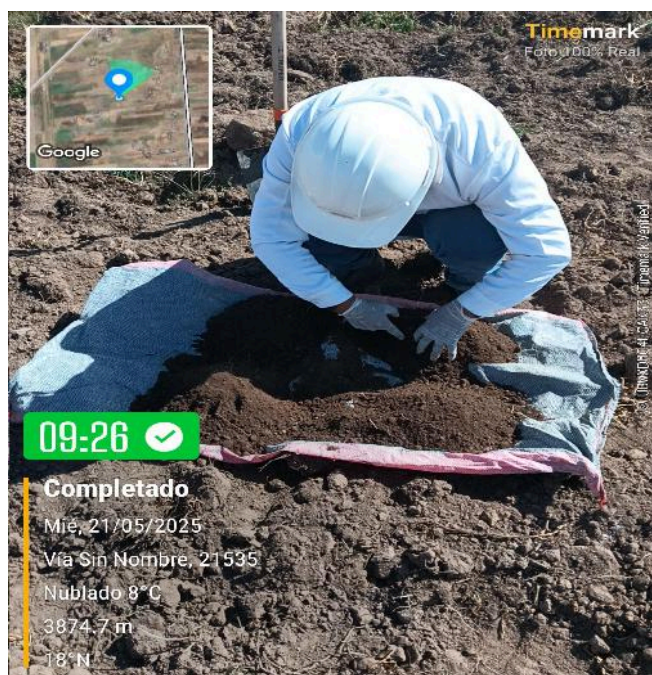


Figura 06: Aplicamos el método de cuarteo para tener una muestra representativa.

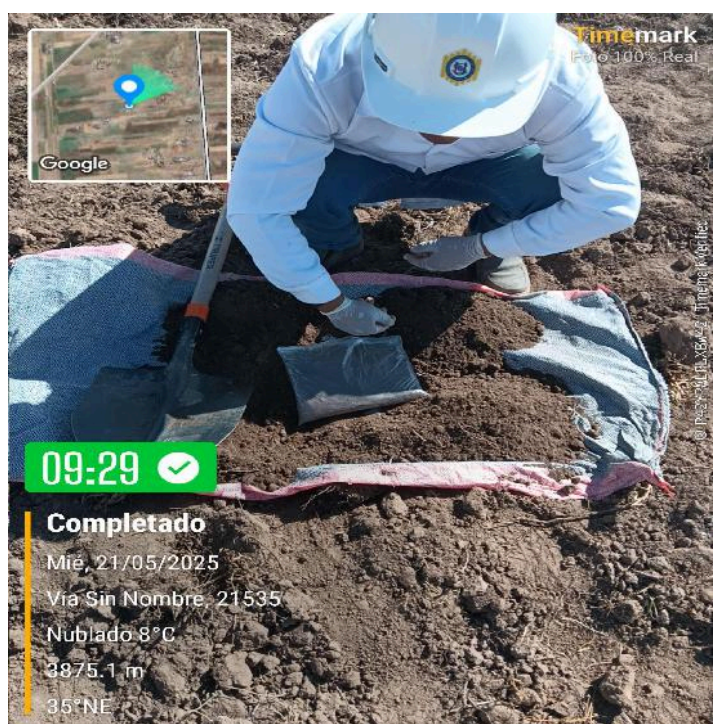


Figura 07: Pesamos la muestra de un 1kg.

Figura 08: Muestra de suelo obtenido.