

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Efecto de dos fuentes de biofermento en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), en la comunidad campesina San Pedro de Pariarca - Distrito de Tantamayo - Huánuco 2024”

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

AUTOR: Ramirez Blas, Arnold Inocencio

ASESORA: Valdivia Martel, Perfecta Sofía

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

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

D

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): 47240155

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

Grado/Título: Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-7194-3714

H

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Camara Llanos, Frank Erick	Doctor en ciencias de la salud	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907
3	Daga Mendoza, Mercy Yandy	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46654021	0009-0009-0252-8304



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día 19 del mes de diciembre del año 2025, 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:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Secretario)
- Mg. Mercy Yandy Daga Mendoza (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2856-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO DE DOS FUENTES DE BIOFERMENTO EN LA RECUPERACION DE UN SUELO DEGRADADO POR EL USO DE PESTICIDAS Y FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*), EN LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN PEDRO DE PARIARCA - DISTRITO DE TANTAMAYO - HUÁNUCO 2024"**, presentado por el (la) Bach. **RAMIREZ BLAS, ARNOLD INOCENCIO** 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 **13**.... y cualitativo de **suficiente**. (Art. 47)

Siendo las **17:15** horas del día **19**.... del mes de **diciembre** del año **2025**...., los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Mg. Raul Cajahuanca Torres
DNI: 22511841
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Secretario

Mg. Mercy Yandy Daga Mendoza
DNI: 46654021
ORCID: 0009-0009-0252-8304
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ARNOLD INOCENCIO RAMIREZ BLAS, de la investigación titulada "EFECTO DE DOS FUENTES DE BIOFERMENTO EN LA RECUPERACION DE UN SUELO DEGRADADO POR EL USO DE PESTICIDAS Y FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM), EN LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN PEDRO DE PARIARCA - DISTRITO DE TANTAMAYO - HUÁNUCO 2024", con asesor(a) PERFECTA SOFÍA VALDIVIA MARTEL, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2481-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % 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, 03 de diciembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



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

1. Arnold Inocencio RAMIREZ BLAS.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



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

DEDICATORIA

A Dios por concederme vida, salud, sabiduría y darme fuerza para perseverar en alcanzar mis metas como persona y profesional.

A mis padres, Inocente Ramirez Prado y Abdonia Blas Valdivia, por su apoyo incondicional tanto en lo emocional, económico y siendo ejemplo de superación para realizarme profesionalmente.

A mi esposa Sally por apoyarme en mis momentos de flaquezas y a mi hijo por ser mi inspiración detrás de cada esfuerzo en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer infinitamente a Dios por su amor, gracia y poder por darme salud e inteligencia para lograr mis objetivos, con su acompañamiento constante ayudándome a superar las dificultades porque solo él lo hace posible todo.

A mi familia, especialmente a mis padres, le agradezco profundamente su amor incondicional y su apoyo constante. Su confianza en mí ha sido el motor que me permitió completar este camino. A mi esposa, por sus palabras de aliento y ser mi fortaleza, y a mi hijo, que me inspira a luchar cada día, gracias por ser mi pilar en los momentos difíciles. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A la Universidad, gracias por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. Mi gratitud también va a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, cuyo apoyo y disposición fueron esenciales para la culminación de esta tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	19
1.5.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	19
1.5.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	20
1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1. INTERNACIONALES.....	22
2.1.1. NACIONALES.....	24
2.1.2. LOCALES.....	25
2.2. BASES TEÓRICAS.....	27
2.2.1. BIOFERMENTO.....	27

2.2.2. FERTILIZANTES Y PESTICIDAS USADOS EN EL CULTIVO DE PAPA	32
2.3. BASES CONCEPTUALES	53
2.4. HIPÓTESIS	55
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	55
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	55
2.5. VARIABLES	56
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	56
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	56
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	57
CAPÍTULO Iii	59
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	59
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	59
3.1.1. ENFOQUE	59
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	59
3.1.3. DISEÑO	60
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	61
3.2.1. POBLACIÓN	61
3.2.2. MUESTRA	61
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	62
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	66
CAPITULO IV.....	67
RESULTADOS.....	67
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	67
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	84
CAPITULO V.....	93
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	93
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Biofertilizante, Fermentación del estiércol de vaca con melaza y ceniza	29
Tabla 2 Composición química del estiércol de cuy	30
Tabla 3 Principales abonos y fertilizantes de mayor uso en Perú.....	34
Tabla 4 Categoría toxicológica de los plaguicidas	35
Tabla 5 Clasificación de las pesticidas según su formulación	36
Tabla 6 Clasificación de acuerdo a su persistencia en el ambiente.....	37
Tabla 7 Clasificación de acuerdo a su movilidad en las plantas	37
Tabla 8 Principales pesticidas en el cultivo de papa en el Perú	38
Tabla 9 Categoría y clasificación de la papa	39
Tabla 10 Indicadores físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del suelo	43
Tabla 11 Ubicación geoespacial – coordenadas UTM – Zona 18, WGS- 84 zona del estudio.....	61
Tabla 12 Características físicas y químicas iniciales del suelo en estudio ..	67
Tabla 13 Efecto del biofermento de Vacaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo.....	68
Tabla 14 Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de vacaza.....	69
Tabla 15 Contenido de Ca, Mg, K, Na, Al y H en los tratamientos con biofermento de vacaza.....	71
Tabla 16 Valores de CICE, bases cambiables, acidez cambiante y saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de Vacaza	72
Tabla 17 Efecto del biofermento de Cuyaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo.....	74
Tabla 18 Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de Cuyaza.....	75
Tabla 19 Contenido de Ca, Mg, K, Na, Al y H en los tratamientos con biofermento de Cuyaza.....	77
Tabla 20 Valores de CICE, bases cambiables, acidez cambiante y saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de Cuyaza	78

Tabla 21 Comparación de pH, materia orgánica, N total, P y K ₂ O en suelos tratados con diferentes dosis de biofermentos Vacaza y Cuyaza.....	80
Tabla 22 Efecto de los biofermentos Vacaza y Cuyaza sobre la concentración de cationes y la acidez en el suelo	82
Tabla 23 Resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk	84
Tabla 24 Resultados del ANOVA de dos factores sobre las propiedades químicas del suelo (Biofermento y Tratamiento).....	87
Tabla 25 Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de vacasa sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)	89
Tabla 26 Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de cuyaza sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Producción de papa en el Perú, por departamentos.....	40
Figura 2 Huánuco, comportamiento de la producción de papa, 2022 y 2023.....	41
Figura 3 Elaboración tradicional del biol	45
Figura 4.....	46
Figura 5 Parcela de Biofermento de vacasa y de cuyaza	62
Figura 6 Efecto del biofermento de Vacaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo.....	68
Figura 7 Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de vacaza.....	69
Figura 8 Saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de vacaza	73
Figura 9 Efecto del biofermento de Cuyaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo.....	74
Figura 10 Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de Cuyaza.....	75
Figura 11 Saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de Cuyaza.....	79
Figura 12 Resultados de la prueba de normalidad - Q-Q normal de ph, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y óxígeno de potasio.....	86
Figura 13 Resultados del ANOVA de dos factores sobre las propiedades químicas del suelo (Biofermento y Tratamiento).....	88
Figura 14 Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de vacasa sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)	90
Figura 15 Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de cuyaza sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)	92

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos biofermentos, elaborados a base de estiércol de vacaza y cuyaza, en la recuperación de un suelo degradado en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca, distrito de Tantomayo, Huánuco. El estudio fue de tipo básico, con enfoque cuantitativo, nivel correlacional y diseño experimental. La muestra estuvo constituida por un área de 9 m² dentro de una superficie de 0.5 hectáreas, destinando 1 m² para cada repetición en seis sag y 1 m² para separar los bloques, ubicados en el centro de la parcela para reducir variaciones. Los resultados mostraron mejoras significativas en los parámetros químicos del suelo tras la aplicación de los biofermentos. El pH inicial de 3.99 ± 0.05 se elevó hasta 4.80 ± 0.07 con vacaza y 4.54 ± 0.06 con cuyaza, evidenciando diferencias significativas tanto en el efecto del biofermento ($F = 76.667$; $p < 0.001$) como del tratamiento ($F = 106.264$; $p < 0.001$) y en la interacción entre ambos factores ($F = 5.398$; $p < 0.001$). La materia orgánica aumentó de 2.14 ± 0.03 % a 2.70 ± 0.05 % con vacaza y 2.96 ± 0.04 % con cuyaza, con efectos significativos del biofermento ($F = 14.276$; $p < 0.001$) y del tratamiento ($F = 51.210$; $p < 0.001$). El nitrógeno total incrementó de 0.107 ± 0.002 % a 0.146 ± 0.003 % y 0.158 ± 0.004 %, con diferencias significativas tanto en el biofermento ($F = 16.125$; $p < 0.001$) como en el tratamiento ($F = 48.778$; $p < 0.001$). El fósforo disponible aumentó de 3.18 ± 0.12 ppm a 8.59 ± 0.21 ppm y 9.91 ± 0.18 ppm, mostrando diferencias altamente significativas en el efecto del biofermento ($F = 158.328$; $p < 0.001$), del tratamiento ($F = 1017.610$; $p < 0.001$) y en su interacción ($F = 10.409$; $p < 0.001$). En cuanto al óxido de potasio, los valores iniciales de 66.28 ± 2.05 ppm aumentaron hasta 484.76 ± 3.44 ppm con vacaza y 472.22 ± 2.97 ppm con cuyaza; si bien el efecto del biofermento fue marginalmente significativo ($F = 3.986$; $p = 0.050$), el tratamiento mostró un efecto altamente significativo ($F = 505.225$; $p < 0.001$), mientras que la interacción no fue significativa ($p > 0.05$). Asimismo, la cuyaza redujo notablemente la saturación de aluminio de 39.66 ± 1.2 % a 5.89 ± 0.8 % ($p < 0.001$), demostrando su alta capacidad de corrección de la acidez. Los análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey confirmaron incrementos significativos ($p < 0.05$) en pH,

materia orgánica, nitrógeno y fósforo para ambos biofermentos, mientras que el potasio mostró diferencias significativas solo en el tratamiento con cuyaza. En conjunto, los resultados del ANOVA de dos factores y la prueba de Tukey permitieron rechazar las hipótesis nulas y aceptar las hipótesis alternas, concluyendo que la aplicación de biofermentos de vacaza y cuyaza incide significativamente en la recuperación de suelos degradados por el uso prolongado de pesticidas y fertilizantes. Se evidenció que ambos biofermentos mejoran los parámetros químicos del suelo, siendo la cuyaza más efectiva en la corrección de la acidez y en el incremento de la disponibilidad de nutrientes esenciales. Estos hallazgos respaldan lo propuesto por Restrepo (2007), Yucaila (2020) y Gómez (2021), quienes destacan el potencial de los biofermentos como alternativa sostenible y eficiente para la restauración de la fertilidad, la reducción de la dependencia de insumos químicos y la promoción de una agricultura andina resiliente y ecológicamente responsable.

Palabras clave: biofermento, suelo degradado, vacaza, cuyaza, cultivo de papa.

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the effect of two bioferments, prepared from cow manure (vacaza) and guinea pig manure (cuyaza), on the recovery of a degraded soil in the rural community of San Pedro de Pariarca, Tantomayo district, Huánuco. The study was basic in type, with a quantitative approach, correlational level, and experimental design. The sample consisted of an area of 9 m² within a total surface of 0.5 ha, allocating 1 m² for each repetition in six plots and 1 m² between blocks, located at the center of the plot to reduce variation. The results showed significant improvements in the chemical parameters of the soil after the application of the bioferments. The initial pH of 3.99 ± 0.05 increased to 4.80 ± 0.07 with vacaza and 4.54 ± 0.06 with cuyaza, showing significant differences for the effect of the bioferment ($F = 76.667$; $p < 0.001$), treatment ($F = 106.264$; $p < 0.001$), and their interaction ($F = 5.398$; $p < 0.001$). Organic matter rose from 2.14 ± 0.03 % to 2.70 ± 0.05 % and 2.96 ± 0.04 % with vacaza and cuyaza, respectively, with significant effects of the bioferment ($F = 14.276$; $p < 0.001$) and treatment ($F = 51.210$; $p < 0.001$). Total nitrogen increased from 0.107 ± 0.002 % to 0.146 ± 0.003 % and 0.158 ± 0.004 %, with significant differences for the bioferment ($F = 16.125$; $p < 0.001$) and treatment ($F = 48.778$; $p < 0.001$). Available phosphorus increased from 3.18 ± 0.12 ppm to 8.59 ± 0.21 ppm and 9.91 ± 0.18 ppm, showing highly significant effects of the bioferment ($F = 158.328$; $p < 0.001$), treatment ($F = 1017.610$; $p < 0.001$), and their interaction ($F = 10.409$; $p < 0.001$). Potassium increased from 66.28 ± 2.05 ppm to 484.76 ± 3.44 ppm and 472.22 ± 2.97 ppm; although the effect of the bioferment was marginally significant ($F = 3.986$; $p = 0.050$), the treatment effect was highly significant ($F = 505.225$; $p < 0.001$), and the interaction was not significant ($p > 0.05$). Additionally, the cuyaza bioferment reduced aluminum saturation from 39.66 ± 1.2 % to 5.89 ± 0.8 % ($p < 0.001$), demonstrating its superior ability to correct soil acidity. Multiple comparisons using Tukey's test confirmed significant increases ($p < 0.05$) in pH, organic matter, nitrogen, and phosphorus for both bioferments, while potassium showed significant improvement only in the cuyaza treatment. Overall, the two-way ANOVA and Tukey test results allowed the rejection of the null hypotheses and acceptance of the alternative ones, concluding that the application of cow

and guinea pig manure bioferments significantly contributes to the recovery of soils degraded by prolonged use of pesticides and fertilizers. Both bioferments improved the soil's chemical properties, with cuyaza being more effective in correcting acidity and enhancing nutrient availability. These findings support the agroecological perspectives of Restrepo (2007), Yucaila (2020), and Gómez (2021), who emphasize the potential of bioferments as sustainable and efficient alternatives for restoring soil fertility, reducing dependence on chemical inputs, and promoting a resilient and environmentally responsible Andean agriculture.

Keywords: bioferment, degraded soil, vacaza, cuyaza, potato cultivation.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos agrícolas constituyó uno de los principales problemas ambientales y productivos a nivel mundial. El uso intensivo de pesticidas y fertilizantes químicos, si bien permitió incrementar los rendimientos de los cultivos en el corto plazo, generó a largo plazo impactos negativos como la pérdida de fertilidad, el aumento de la acidez, la disminución de la biodiversidad microbiana y la contaminación del agua y del aire. En el caso del cultivo de papa, alimento de importancia estratégica para la seguridad alimentaria, esta situación resultó particularmente grave debido a la alta demanda de agroquímicos para controlar plagas y enfermedades que afectaban la producción.

En el Perú, país que posee la mayor diversidad genética de papa en el mundo, el problema se intensificó en regiones altoandinas como Huánuco, donde la dependencia de agroquímicos se convirtió en una práctica común entre los agricultores. Diversos estudios señalaron que el uso indiscriminado de pesticidas ocasionó suelos cada vez más ácidos y pobres en nutrientes, limitando la productividad y comprometiendo la sostenibilidad agrícola. Esta problemática no solo afectó la rentabilidad de los productores, sino que también puso en riesgo la salud humana y el equilibrio ambiental de las comunidades rurales.

Frente a ello, se exploraron alternativas sostenibles orientadas a recuperar la fertilidad de los suelos degradados. Entre estas, los biofermentos destacaron como insumos orgánicos de bajo costo y fácil elaboración, elaborados a partir de materiales disponibles localmente como estiércol animal, residuos de cosecha y microorganismos eficientes. Investigaciones internacionales (Vallejos, 2021; Quishpe, 2021) y nacionales (Bayona, 2022; López y Suárez, 2023) demostraron que los biofermentos mejoraron los parámetros físicos y químicos del suelo, incrementaron la disponibilidad de nutrientes y favorecieron la productividad agrícola. Sin embargo, existieron aún pocos estudios que evaluaran su efectividad en comunidades altoandinas como las de Huánuco.

En ese contexto, la investigación se desarrolló en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca, distrito de Tantamayo, donde los suelos agrícolas destinados al cultivo de papa se encontraban severamente degradados por el uso prolongado de fertilizantes químicos y pesticidas. El objetivo general fue evaluar el efecto de dos tipos de biofermento —uno elaborado a base de estiércol de vacaza y otro de cuyaza— en la recuperación de un suelo degradado.

Los resultados mostraron que ambos biofermentos contribuyeron positivamente a la mejora de las condiciones químicas del suelo, evidenciándose una disminución de la acidez, un incremento de la materia orgánica y una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. De forma general, el biofermento de cuyaza demostró ser más efectivo en la corrección de la acidez y en la restauración de la fertilidad, lo que representó una alternativa viable, económica y sostenible para los agricultores de zonas altoandinas. En consecuencia, el estudio permitió reafirmar que el uso de biofermentos puede constituir una estrategia ecológica y replicable para la recuperación de suelos degradados y la sostenibilidad agrícola en la sierra peruana.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En muchos países de Latinoamérica, gran parte de la actividad agrícola depende del uso de productos químicos, siendo los pesticidas los más destacados. Estos cumplen un rol fundamental en la prevención de plagas y enfermedades que pueden afectar a los cultivos, y su utilización es actualmente primordial en toda la actividad agrícola. Sin embargo, su uso inadecuado pone en riesgo a los agricultores, a las viviendas cercanas y a la población que consume los productos cosechados (Rojas et al., 2019).

En Perú, los pesticidas son promocionados de manera agresiva, especialmente en las zonas rurales como el distrito de Tantamayo, por una red de corporaciones multinacionales y distribuidoras locales (Lazo y Gamboa, 2011). Esta práctica está generando un impacto ambiental significativo, especialmente en el suelo de cultivo, ya que los pesticidas impiden el desarrollo de microorganismos, dificultando su biodegradación y permaneciendo en los componentes del suelo durante largos periodos de tiempo (Castro, 2008; Fang et al., 2010; Tomasini, 2011; Xiaomin et al., 2015).

En consonancia, los pesticidas son compuestos de origen sintético, y diversos estudios destacan su gran persistencia en el suelo debido a su estabilidad estructural y prolongada degradación (Xuejun et al., 2016). Su uso ha aumentado considerablemente desde su introducción en los años cuarenta. Durante este período, la utilización de variedades modificadas, fertilizantes y otras innovaciones ha incrementado el rendimiento de las áreas de cultivo, como en el caso de la papa. Sin embargo, esto también ha generado un mayor riesgo de ataques de plagas más persistentes y un aumento considerable de los daños económicos que producen (Lazo y Gamboa, 2011).

Entre los principales daños se encuentran las repercusiones ambientales, como la contaminación y disminución de la calidad del agua y la

tierra debido al uso de pesticidas. Además, se observa la circulación de sustancias tóxicas en el aire, lo cual representa un peligro para la salud humana a través de la ingesta, absorción e inhalación de alimentos contaminados (Mansilla, 2017).

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), en su boletín informativo *Servidores del Campo* (2017), señala que la papa (*Solanum tuberosum spp. andigena*) es el cuarto alimento más consumido en el mundo y se cultiva en 19 regiones del Perú. Sin embargo, este cultivo es muy susceptible al ataque de plagas y enfermedades, lo que puede provocar pérdidas económicas de hasta un 80 %. Una de las plagas más importantes es el gorgojo de los Andes.

Es importante mencionar que la degradación del suelo en el distrito de Tantamayo incrementa la pobreza, lo que genera migración hacia otros distritos. Esta situación también provoca que muchos padres de familia se desplacen a zonas urbanas en busca de nuevas oportunidades, dejando a mujeres y niños más vulnerables frente a diversos riesgos. En relación, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri) en el 2017 resalta el estudio realizado por Morales (2012), en la que investigó sobre las pérdidas financieras debido a la desertificación y degradación en cultivos como maíz, café, arroz, mango, papa, caña de azúcar y algodón, los cuales representan el 60 % del área cultivada. Según este estudio, la pérdida de producción se valoriza en 574,413.5 millones de dólares.

A pesar de su gran importancia en la vida de las personas, el suelo, como recurso natural básico, no ha sido preservado adecuadamente por la sociedad ni ha recibido la atención que merece. La degradación del suelo representa un grave peligro para la agricultura y la seguridad alimentaria de las futuras generaciones. Por ello, enfrentamos tres desafíos cruciales: concientizar, preservar e incrementar el aprovechamiento sostenible del suelo (Midagri, 2017).

Ahora bien, en la zona de investigación se evidenció que los agricultores del distrito de Tantamayo están utilizando pesticidas y fertilizantes en los

cultivos de papa de forma indiscriminada, sin considerar el impacto ambiental que estos productos ocasionan en el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad y la salud de las personas.

Ante esta situación, como profesional, propongo realizar la investigación titulada “Efecto de dos fuentes de biofermento en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina San Pedro de Pariarca, distrito de Tantomayo, Huánuco, 2022”. El objetivo es recuperar en cierto porcentaje las propiedades nutricionales de un suelo que, debido al uso constante y no supervisado de estos contaminantes, se encuentra degradado y contaminado. Utilizaremos tecnología de biofermentos y microorganismos eficientes, a los cuales se añadirán residuos de cosecha de papa y estiércol de animales de la zona (vaca y cuy). Estos residuos, al no recibir un tratamiento adecuado o disposición final, crean focos infecciosos y malos olores, lo cual es perjudicial para la salud de la población.

Por último, esta tecnología es muy accesible para los agricultores, ya que se utilizarán materiales disponibles en la zona para su producción. La aplicación de estos biofermentos mejorará la salubridad de los alimentos y la salud de las personas. Además, ofrecerá una alternativa de fertilización orgánica, proporcionando una producción más saludable tanto para las personas como para el medio ambiente, ya que no generará residuos peligrosos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

P_G: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de dos fuentes de biofermento en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE1: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de un biofermento a base de vacasa en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca?

PE2: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de un biofermento a base de cuyaza en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca?

1.3. OBJETIVO GENERAL

OG: Demostrar el efecto de la aplicación de dos fuentes de biofermento en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Demostrar el efecto de la aplicación de biofermento de estiércol de vacasa en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

OE2: Demostrar el efecto de la aplicación de biofermento de estiércol de cuyaza en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La realización de la tesis ayudó a ampliar la literatura referente a la recuperación de un suelo contaminado generado por el uso de pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa. Este estudio no solo permitió obtener

cultivos más limpios y salubres, sino que también mejoró las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementando así su productividad y sostenibilidad a largo plazo. Además, proporcionó un marco de referencia para la implementación de prácticas agrícolas sostenibles en comunidades campesinas. Al mejorar la calidad del suelo, se promovió la seguridad alimentaria y se contribuyó a la preservación del medio ambiente, impactando positivamente en la calidad de vida de los productores locales.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación propuesta sobre el efecto de biofermentos en suelos degradados por pesticidas y fertilizantes en cultivos de papa tuvo una justificación práctica significativa. Proporcionó estrategias efectivas para la recuperación de suelos agrícolas dañados, promoviendo prácticas sostenibles que mejoran la calidad del suelo y la productividad agrícola en la comunidad de San Pedro de Pariarca. Estas medidas no solo benefician a los agricultores locales al aumentar la seguridad alimentaria, sino que también tienen un impacto positivo en la rentabilidad de los productores de la comunidad. Además, se tuvo un impacto de manera favorable en la calidad de vida de estos mismos.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La investigación sobre el efecto de biofermentos en suelos degradados por pesticidas y fertilizantes en cultivos de papa tuvo una justificación social significativa. Al mejorar la calidad del suelo y la productividad agrícola en la comunidad de San Pedro de Pariarca, se promovió la seguridad alimentaria y se incrementaron los ingresos de los agricultores locales. Además, al reducir la dependencia de agroquímicos, se protegió la salud de los moradores y se fomentó un entorno más saludable. Estos beneficios contribuyen a una mejor calidad de vida y a la sostenibilidad socioeconómica de la comunidad, respondiendo a sus demandas presentes y futuras.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La investigación sobre el efecto de biofermentos en suelos degradados por pesticidas y fertilizantes en cultivos de papa contribuyó significativamente a la protección del medio ambiente. Al promover prácticas agrícolas sostenibles a través del uso del estiércol de cuy y vaca, se redujo la contaminación del suelo y del agua, preservando así la biodiversidad local y mejorando la calidad de los recursos naturales en la comunidad de San Pedro de Pariarca. Esta iniciativa fomentó un uso más eficiente de los recursos y mitigó los impactos negativos asociados al uso intensivo de agroquímicos, asegurando la sostenibilidad a largo plazo del entorno agrícola.

1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- a. La investigación se limitó en cuanto al tiempo, es decir, se tomó solo un momento del tiempo, mas no se pensó en estudiar en periodos continuos.
- b. Limitación de territorio, el espacio geográfico de la investigación se centró únicamente en una zona de un centro poblado (comunidad campesina) de San Pedro de Pariarca, en el distrito de Tantamayo, provincia de Huamalíes, y no toma otras áreas de otros distritos u otras provincias.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

- a. La tesis fue factible debido a que evaluó dos fuentes de biofermento utilizando materiales locales para restaurar las propiedades nutricionales de un suelo degradado por fertilizantes y pesticidas. Se contó con los insumos necesarios, como cilindros de 80 litros, agua limpia, estiércol de ganado vacuno y cuy, microorganismos eficientes activados y nativos, melaza o chancaca, suero de leche, y levadura.
- b. Además, se dispuso de los recursos económicos necesarios y del tiempo para cada etapa de la investigación.

- c. Se obtuvo el permiso de las autoridades locales en la comunidad campesina de San Pedro, Tantamayo, para llevar a cabo el estudio en los campos de cultivo de papa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. INTERNACIONALES

Vallejos (2021), en su tesis de maestría titulada “*Análisis sobre la eficiencia del uso de microorganismos de montaña para potenciar la diversidad biológica de los suelos agrícolas*”, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. El objetivo fue elaborar una investigación de revisión bibliográfica documental sobre la eficiencia del uso de microorganismos de montaña (MM), para potenciar la diversidad biológica de los suelos agrícola, se empleó el tipo de investigación básica, utilizando un diseño experimental, con un nivel descriptivo, con un enfoque cualitativa y cuantitativa. Para la obtención de información se aplicó la técnica del análisis documental y el instrumento utilizado fue la ficha de análisis documental y se concluyó en lo siguiente: se comprobó que los microorganismos de montaña (MM) suelen ser aliados valiosos en la mejora de los suelos agrícolas, ya que tiene una influencia en diversos aspectos, incluyendo la estructura del suelo, sus componentes físicos y químicos, la cantidad de materia orgánica, la rizosfera, los rendimientos de producción y la Fito sanidad de los cultivos. Asimismo, para optimizar sus beneficios, se recomienda aplicar los MM en dos fases, ya que esto favorece su coexistencia, supervivencia y establecimiento en el suelo y con el paso del tiempo, esta estrategia permite la formación de un nuevo complejo microbiológico beneficioso para la salud y la fertilidad del suelo.

Quishpe (2021), en su tesis de pregrado titulada “*Aplicación de tres dosis de biol con fertirriego en cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en el cantón Quito provincia de Pichincha*”, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. El objetivo fue evaluar la aplicación de tres dosis de biol con fertirriego en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en el Cantón Quito Provincia de Pichincha, se empleó el tipo de aplicada,

utilizando un diseño experimental, con un nivel descriptivo y con un enfoque cualitativo y cuantitativo. Para la obtención de información se aplicó la técnica de la observación y el instrumento utilizado fue la guía de la observación y se concluyó en lo siguiente: se determinó que la baja dosificación empleada en la aplicación de Biol mediante fertirriego no generó efectos contundentes en las variables evaluadas; sin embargo, se observaron variaciones significativas en cuanto a número de flores, crecimiento y producción. En el caso de la dosis 1, se registró una producción total de 2083,05 kg a las 15 semanas. En cuanto a la dosis 3, se evidenció un crecimiento de 111,67 cm a los 21 días, mientras que la dosis 2 presentó un promedio de 20,67 flores por planta a los 60 días.

Segovia y Valenzuela (2020), en su tesis de pregrado titulada "*Evaluar la aplicación de microorganismos contenidos en un biol sobre la producción de mezclas forrajeras en una unidad productiva agropecuaria en el cantón Quito sector Chillogallo*", Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. El objetivo fue evaluar la aplicación de microorganismos contenidos en un biol sobre la producción de mezclas forrajeras en la Unidad Productiva Agropecuaria LYG en el cantón Quito Parroquia Chillogallo, se empleó el tipo de investigación aplicada, utilizando un diseño experimental, con un nivel descriptivo y con un enfoque cuantitativo, a su vez se trabajó con una muestra no probabilística. En cuanto a la obtención de información se aplicó la técnica de la observación y el instrumento utilizado fue la guía de observación y se concluyó en lo siguiente: se constató que la efectividad del fertilizante se manifiesta en el desarrollo vigoroso de los cultivos, caracterizados por una cantidad moderada de fibra, materia verde y una óptima humedad. Esta eficacia se atribuye a la capacidad del fertilizante para absorber los nutrientes esenciales como fósforo (P) y magnesio (Mg), manteniendo al mismo tiempo niveles adecuados de boro (B) en 100 mg. Además, la aplicación conjunta de ambos tratamientos durante 60 días potencia la presencia de hierro (Fe) y manganeso (Mn) en el suelo.

2.1.1. NACIONALES

Loayza (2020), de, en su tesis de doctorado titulado “*Degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac*”, Universidad Nacional del Altiplano, Perú. El objetivo fue determinar las causas de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac, se empleó el tipo de investigación aplicada, con un nivel descriptivo y con un enfoque cuali-cuantitativo, a su vez se trabajó con una muestra conformada por 28 familias de la comunidad de Potreropampa. Para la obtención de información se aplicó la técnica de la encuesta y el instrumento utilizado fue el cuestionario y se concluyó en lo siguiente: se comprobó que la fertilidad química y biológica del suelo en Potreropampa se encuentra comprometida debido al monocultivo intensivo de papa y el uso excesivo de agroquímicos. Los análisis del suelo revelan valores alterados de nutrientes esenciales como N, P, K y C. E., mientras que la alta demanda de papa en el mercado local impulsa a los agricultores a cultivarla sin rotación, agotando aún más el suelo. Para revertir esta situación, se hace necesario implementar prácticas agrícolas sostenibles como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y el manejo integrado de plagas.

López y Suarez (2023), en su tesis de pregrado titulado “*Influencia de niveles de Biol con microorganismos montaña en la producción de frijol castilla (Vigna unguiculata Walp.) en Chanchamayo*”, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú. El objetivo fue determinar la influencia de los niveles de Biol con microorganismos de montaña en la producción del frijol Castilla (*Vigna unguiculata Walp.*), se empleó el tipo de investigación aplicada, utilizando un diseño experimental, con un nivel correlacional y con un enfoque cuantitativo, a su vez se trabajó con una muestra no probabilística. Para la obtención de información se aplicó la técnica de la observación y el instrumento utilizado fue la guía de observación y se concluyó en lo siguiente: se comprobó que la aplicación

de Biol enriquecido con microorganismos de montaña ejerce una influencia positiva en el crecimiento aéreo del frijol Castilla (*Vigna unguiculata* Walp) en la región de Chanchamayo; asimismo, entre las diferentes dosis evaluadas, se determinó que la cantidad de 100 ml de Biol por cada 20 litros de agua resultó ser la más efectiva para estimular el desarrollo vegetativo del cultivo.

Bayona (2022), en su tesis de pregrado titulado "*Biol a partir de residuos de pescado y de estiércol vacuno en la mejora del suelo para la producción de lechuga*", Universidad César Vallejo, Perú. El objetivo fue determinar en qué medida el biol de residuos de pescado y de estiércol vacuno mejoran el suelo para la producción de lechuga, se empleó el tipo de investigación aplicada, utilizando un diseño experimental, con un nivel explicativo y con un enfoque cuantitativo, a su vez se trabajó con una muestra no probabilística. En cuanto a la obtención de información se aplicó la técnica de la observación experimental y el instrumento utilizado fue la guía de observación y se concluyó en lo siguiente: se demostró que la aplicación de un fertilizante orgánico al suelo es una estrategia eficaz para optimizar sus propiedades físicas y químicas, puesto que se observó mejoras significativas en parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de nitrógeno, potasio y fósforo. Además, esta práctica tuvo un impacto positivo en las características fenológicas del cultivo de lechuga, generando un rendimiento óptimo y posicionándose como una alternativa favorable para los agricultores debido a sus bajos costos.

2.1.2. LOCALES

Sanchez (2021), en su tesis de pregrado titulado "*Determinación de los parámetros fisicoquímicos del suelo, degradados por cultivo de coca (Erythroxylum coca) en el caserío Bajo Chimbote, distrito José Crespo y Castillo, Huánuco – 2020*"; Universidad de Huánuco, Perú. El objetivo fue evaluar los parámetros fisicoquímicos del suelo, degradados por cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) en el caserío bajo Chimbote, distrito José Crespo y Castillo, Huánuco- 2020, se empleó el tipo de

investigación aplicada, utilizando un diseño no experimental, con un nivel correlacional y con un enfoque cuantitativo y cualitativo, a su vez se trabajó con una muestra no probabilística. Para la obtención de información se aplicó la observación y el instrumento utilizado fue la guía de observación y se concluyó en lo siguiente: se constató que el cultivo de coca, junto al uso intensivo de agroquímicos, tiene un impacto negativo significativo en la calidad del suelo, alterando su pH y reduciendo la disponibilidad de nutrientes esenciales, dado que la acidez de los suelos de las parcelas de coca presenta una acidez alarmante, con niveles de pH de 4.41 (M1: 1 año de cultivo), 4.35 (M2: 2 años de cultivo) y 4.35 (M3: 3 años de cultivo). Asimismo, la salinidad fue de 0.132 (M1), 0.88 (M2) y 0.108 (M3), lo que indica una baja presencia de sales en el suelo de las parcelas de coca.

Solisor (2021), en su tesis de pregrado titulado “*Efecto del biochar del eucalipto (eucalyptus globulus) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (raphanus sativus) - Huánuco 2020*”, Universidad de Huánuco, Perú. El objetivo fue comparar el efecto del biochar del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020, se empleó el tipo de investigación aplicada, utilizando un diseño cuasiexperimental, con un nivel explicativo y con un enfoque cuantitativo, a su vez se trabajó con una muestra no probabilística. Para la obtención de información se aplicó la técnica de la observación y el instrumento utilizado fue la guía de observación y se concluyó en lo siguiente: se demostró que el Biochar de eucalipto mejora notablemente la calidad del suelo en la mayoría de los parámetros evaluados, excepto en la fracción de limo. Aunque el tratamiento con 30 % de Biochar mostró las mayores mejoras en la calidad del suelo, las características morfológicas del rabanito no se correlacionaron con esta. Sorprendentemente, el tratamiento con 15 % de Biochar produjo rábanos con las mejores características, a pesar de no tener el suelo de mayor calidad. Esto sugiere que las características del rabanito no son un buen bioindicador de la calidad del suelo, ya que parecen estar influenciadas

por factores independientes del suelo.

Turpo (2021), en su tesis de pregrado titulado “*Efecto del compost y el biofertilizante en el crecimiento inicial de las plantas de Schizolobium amazonicum Huber. ex Ducke pinochuncho establecidas en suelos degradados*”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. El objetivo fue demostrar el efecto del compost y biofertilizante sobre el crecimiento inicial de las plantas de *Schizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke pinochuncho establecidas en suelos degradados, se empleó el tipo de aplicada, utilizando un diseño experimental, con un nivel explicativo y con un enfoque cuantitativo y cualitativo, a su vez se trabajó con una muestra no probabilística. Para la obtención de información se aplicó la técnica de la observación experimental y el instrumento utilizado fue la guía de observación y se concluyó en lo siguiente: se determinó que el efecto del compost y un biofertilizante en el crecimiento inicial de *S. amazonicum* (pinochuncho) en suelos degradados, no son estadísticamente significativos. Esto significa que no se observaron diferencias relevantes en variables como la altura total, el diámetro del tallo, la dimensión de la hoja y la dimensión de la copa, tanto para el compost como para el biofertilizante, en comparación con el grupo control.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BIOFERMENTO

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2023) el biofermento es el producto de un proceso de fermentación de materiales orgánicos que se utiliza para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos, así también ayuda a mejorar el rendimiento y la calidad en la producción.

En otras palabras, el biofermento es definido como un producto derivado de la fermentación de materiales orgánicos. Este biofermento, tiene la capacidad de reducir la presencia de plagas y enfermedades en los cultivos, lo que a su vez contribuye a mejorar tanto el rendimiento

como la calidad de la producción agrícola.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG, 2009) profundiza en la naturaleza y beneficios de los biofermentos, definiéndolos como el resultado de un proceso de fermentación de materiales orgánicos impulsado por una intensa actividad microbiológica. Esta actividad transforma los materiales orgánicos en compuestos valiosos para las plantas, como minerales, vitaminas, aminoácidos y ácidos orgánicos, que nutren y fortalecen los cultivos. Por lo tanto, los biofermentos se presentan como una alternativa natural y efectiva para mejorar la salud y productividad de los cultivos, aportando nutrientes esenciales y fortaleciendo las defensas naturales de las plantas.

En consonancia con lo anterior, Bayona (2020) resalta que los fertilizantes orgánicos contribuyen en la mejora integral del suelo. Estos fertilizantes, favorecen a optimizar la fertilidad, la textura y la aireación del suelo, generando un ambiente favorable para el desarrollo de las plantas. Además, incrementan la capacidad de retención de agua, un factor crucial para la nutrición y el crecimiento vegetal. Como consecuencia de estas mejoras, el autor afirma que el uso de abonos orgánicos conduce a un aumento sostenido de la productividad tanto del suelo como de las plantas.

Beneficios de los biofertilizantes líquidos. Poorniammal et al. (2020) mencionan que los principales beneficios de los biofertilizantes líquidos son los siguientes:

- a. Contienen nutrientes especiales y protectores celulares que favorecen la formación de esporas o quistes dormidos, alargando su vida útil y garantizando una mejor supervivencia en semillas y suelo, incluso en condiciones adversas.
- b. Su formato líquido facilita su manejo y aplicación, a diferencia de los biofertilizantes en base a portadores.

- c. La estabilización de los microorganismos durante la producción, distribución y almacenamiento asegura que mantengan una mayor actividad una vez aplicados y en contacto con los cultivos.
- d. Estos biofermentos mantienen sus propiedades sin alteración durante su almacenamiento, incluso a temperaturas de hasta 55 grados centígrados.
- e. Poseen una mayor capacidad para competir y establecerse exitosamente con la población microbiana nativa del suelo.
- f. Requieren dosis hasta 10 veces menores en comparación con los biofertilizantes formulados a partir de portadores inertes.

Biofertilizante a base de estiércol de vaca. Restrepo (2007), postula que el estiércol de vaca es transcendental en la elaboración de biofertilizantes, actuando como fuente de microorganismos esenciales para iniciar y mantener el proceso de fermentación. En particular, el estiércol de vaca aporta una gran diversidad de microorganismos beneficiosos, entre los que se destaca el *Bacillus subtilis*. Este microorganismo es conocido por sus propiedades bioestimulantes y promotoras del crecimiento vegetal. Asimismo, la naturaleza facultativa de la microbiología presente en el estiércol de vaca facilita el manejo de la fermentación por parte de los agricultores. Esto quiere decir que los microorganismos contenidos en el estiércol pueden desarrollarse tanto en condiciones anaeróbicas como aeróbicas, lo que brinda mayor flexibilidad en el proceso de fermentación.

Composición del Biofertilizante sencillo a base de estiércol de vaca:

Tabla 1

Biofertilizante, Fermentación del estiércol de vaca con melaza y ceniza

Ingredientes	Cantidad	Otros materiales
Etapa I		1 recipiente plástico de 200 litros de capacidad
Agua sin tratar	180 l	
Estiercol de vaca	50 kg	1 recipiente plástico de 100 litros de capacidad
Melaza	2-4 l	
Ceniza de leña	4 kg	1 cubeta plástica de 10 litros de capacidad
Etapa II (Mezclar para la aplicación)		1 pedazo de manguera de 1 metro de largo y de 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro.

Biofertilizante preparado en la etapa I	5-10 litros	1 Niple roscado de bronce o cobre de 5 centímetros de largo y de 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro 1 botella desechable
Agua	100 litros	1 Colador para colar la mezcla 1 palo para mover la mezcla

Nota. Obtenido de Restrepo (2007). La tabla detalla las etapas y materiales necesarios para la preparación y aplicación de un biofertilizante a base de estiércol de vaca, melaza y ceniza.

Estiércol del cuy. El estiércol del cuy es un abono natural, rebosante de nutrientes como nitrógeno (0,70 %), fósforo (0,05 %) y potasio (0,31 %), se convierte en un aliado excepcional para la agricultura sostenible, especialmente en zonas andinas (ver Tabla 2). Sin embargo, para liberar todo su potencial fertilizante, el estiércol de cuy necesita un proceso de maduración similar a la alquimia. Se recomienda dejarlo reposar durante 4 a 5 meses, un período mágico de descomposición que lo transforma en un abono aún más efectivo. Durante este tiempo, los microorganismos actúan como hábiles artesanos, descomponiendo la materia orgánica y liberando los nutrientes de manera gradual, haciéndolos más accesibles para las plantas (Yucaila, 2020).

Barreros (2017), menciona que el estiércol de cuy, es un regalo de la naturaleza con múltiples beneficios para la agricultura. Este abono orgánico, proveniente de estos adorables roedores, se destaca por su alto contenido de nutrientes, especialmente en elementos menores, y se posiciona como uno de los mejores junto al estiércol de caballo.

Tabla 2

Composición química del estiércol de cuy

Nutrientes (ppm)	Porcentaje
Nitrógeno (N)	0.70
Fósforo (P)	0.05
Potasio (K)	0.31
PH	10

Nota. Obtenido de Barreros (2017). La tabla muestra la composición química del estiércol de cuy, destacando los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y pH.

Es decir, el estiércol de cuy contiene 0,70 % de nitrógeno, 0,05 % de fósforo, 0,31 % de potasio y tiene un pH de 10.

Elaboración y modo de empleo de biofertilizantes. En un tanque de 200 litros, mezcla estiércol de vaca, microorganismos líquidos, leche o suero, plantas picadas, harina de roca y ceniza (opcionales). Diluye melaza en agua y agrégala a la mezcla. Llena el tanque con agua hasta 180 litros y revuelve bien. Cierra herméticamente el recipiente y déjalo fermentar en anaerobiosis y a la sombra durante 30-40 días (Duicela et al., 2008). Este biofertilizante aporta nutrientes esenciales, mejora la calidad del suelo, estimula la actividad microbiana y reduce la dependencia de fertilizantes químicos.

Asimismo, INIAP (2012) menciona que, en climas con temperaturas muy bajas, la fermentación del biofertilizante puede extenderse hasta 60 días o más. Una vez finalizado el período de fermentación, es importante verificar la calidad del biofertilizante antes de su uso. Para ello, se debe abrir el recipiente y observar dos aspectos clave:

- A. Olor: No debe percibirse un olor a putrefacción. El aroma característico del biofertilizante es similar al de la chicha.
- B. Color: El biofertilizante no debe presentar un color azul violeta.

Para evitar la aplicación durante la madurez fisiológica de la planta, se recomienda realizar las aplicaciones del biofertilizante cuando el follaje esté en pleno crecimiento. El biofertilizante se diluye en agua en una proporción del 5 % y se distribuye sobre el follaje de las plantas utilizando una mochila de aspersión. La preparación de la mezcla en una mochila de 20 litros requiere 1 litro de biofertilizante y 19 litros de agua, siendo fundamental agitar bien la solución antes de su uso y el número y el momento de aplicación dependen del tipo de cultivo y su etapa de desarrollo (Yugsi, 2011).

Importancia del estiércol de vaca y cuy en el cultivo de papa. Gomez (2021), resalta la importancia del estiércol de cuy y vaca en la

producción de papa, destacando su efecto sinérgico con los fertilizantes químicos. La combinación de ambos tipos de abono (T3) impulsó un crecimiento excepcional de las plantas, un 41 % más de tubérculos y un rendimiento superior. Esta sinergia se atribuye a la correlación entre materia orgánica y nitrógeno, la mejora en la estructura del suelo, la actividad microbiana y la retención de agua. El nitrógeno, por su parte, estimula el follaje y la fotosíntesis, favoreciendo el tamaño de los tubérculos. En ese sentido, el uso combinado de estiércol de cuy y vaca con fertilizantes químicos optimiza el crecimiento, la cantidad de tubérculos y el rendimiento de la papa, representando una estrategia agrícola efectiva y sostenible.

2.2.2. FERTILIZANTES Y PESTICIDAS USADOS EN EL CULTIVO DE PAPA

Fertilizantes. Los fertilizantes son sustancias que se aplican al suelo o a las plantas con el objetivo de aumentar su fertilidad. Además, los fertilizantes, ya sean inorgánicos u orgánicos, son sustancias esenciales para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar los rendimientos agrícolas. Por consiguiente, su función principal es aportar a las plantas los nutrientes que necesitan para crecer y desarrollarse de manera óptima, como nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) (Molinos y Cía, 2017).

Los fertilizantes químicos, a diferencia del estiércol o las coberturas vegetales, aportan una dosis mucho más alta de nutrientes al suelo, pero carecen de la capacidad de mejorarlo a largo plazo. Si bien pocos agricultores cuentan con suficiente abono orgánico para cubrir la totalidad de sus campos, los fertilizantes químicos se erigen como una solución eficaz para aumentar rápidamente la productividad, a pesar de su precio en constante ascenso (Sánchez, 2013).

Cabrera (2013), sostiene que la composición de abonos y fertilizantes varía según su origen. La ley, expresada en kilogramos de nutrientes por cada 100 kilogramos de producto, indica la concentración

de elementos nutritivos. A modo de ejemplo, la urea, un fertilizante nitrogenado ampliamente utilizado, posee una ley de 46. Esto significa que en cada 100 kilogramos de urea encontramos 46 kilogramos de nitrógeno (N) disponible para la nutrición vegetal. De manera similar, el Guano de Isla, un fertilizante orgánico rico en macroelementos, presenta una ley 10-10-2. Esta nomenclatura indica que en 100 kilogramos de Guano de Isla se encuentran 10 kilogramos de nitrógeno (N), 10 kilogramos de fósforo (P_2O_5) y 2 kilogramos de potasio (K_2O).

Fertilizantes más utilizados en el Perú. La urea, un compuesto químico con fórmula $(NH_2)_2CO$, es un fertilizante nitrogenado ampliamente utilizado en la agricultura. Se presenta en forma de cristales blancos y destaca por su alto contenido de nitrógeno, alcanzando una riqueza del 46 %. A pesar de su rápida acción, la urea presenta la desventaja de ser susceptible a la lixiviación por el agua, limitando su almacenamiento a corto plazo. Su uso principal, que representa el 91 % de la producción global, se destina a la fertilización del suelo, aportando nitrógeno directamente a las plantas. Sin embargo, también existe una aplicación foliar de la urea con bajo contenido de biuret (menos del 0.03%), especialmente indicada para frutales y cítricos (Molinos y Cía, 2017).

La urea en el suelo experimenta un ciclo de transformaciones: Al entrar en contacto con agua y la enzima ureasa, se convierte en carbonato de amonio, elevando el pH del suelo a valores superiores a 8. En este ambiente alcalino, el carbonato se descompone rápidamente en amoníaco y dióxido de carbono (Villagarcía, 2003).

Del mismo modo, la urea, como fertilizante rico en nitrógeno es un elemento esencial está directamente relacionado con la cantidad de tallos y hojas, lo que a su vez impacta en la capacidad de las plantas para absorber luz y realizar la fotosíntesis (Molinos y Cía, 2017).

El superfosfato triple de calcio (SFT), también conocido como $Ca(H_2PO_4)_2$, es una fuente primaria de fósforo y una fuente secundaria

de calcio. Tiene una riqueza de 46 % de anhídrido fosfórico (P₅O₂) y 18-20 % de óxido de calcio (CaO). El Superfosfato Triple de Calcio (SFT) es compatible con cloruro de potasio, sulfato de potasio, sulfato de amonio, urea y nitrato de amonio. Sin embargo, estas mezclas deben prepararse justo antes de su aplicación para evitar problemas de fraguado o apelmazamiento. En el suelo, el SFT presenta una reacción ligeramente ácida, con un pH aproximado de 4 en solución acuosa (Molinos y Cía, 2017).

El cloruro de potasio (KCl), comúnmente conocido como muriato de potasa, es un fertilizante utilizado que aporta un 60 % de potasa (K₂O) a las plantas. Su presencia natural en forma de catión monovalente (K⁺) lo convierte en una fuente ideal para la nutrición vegetal. Es importante destacar que, dentro de los rangos de aplicación recomendados, el KCl no presenta un impacto significativo en la calidad del agua o el aire (Molinos y Cía, 2017).

Tabla 3

Principales abonos y fertilizantes de mayor uso en Perú

Abono	Fertilizante	Ley		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Urea	46	0	0
	Superfosfato triple de calcio	0	46	0
	Superfosfato simple de calcio	0	20	0
	Cloruro de Potasio	0	0	60
Guano de isla		10	10	2
Gallinaza		3	1.82	1.27
	Fosfato Di Amónico	18	46	0

Nota. Obtenido de Velásquez (2017). La tabla detalla los principales abonos y fertilizantes utilizados en Perú, indicando su composición en términos de nitrógeno, fósforo y potasio.

Pesticidas. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2003), un pesticida se define como cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, combatir cualquier plaga, incluyendo especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos. Es decir, los pesticidas se erigen como una barrera protectora en el ámbito de la agricultura y la salud

pública, combatiendo una amplia gama de plagas que amenazan la salud humana, animal y la producción de alimentos.

Clasificación de las pesticidas

Pesticidas de acuerdo a su toxicidad. Cada pesticida contiene un componente tóxico, el principio activo, cuya potencia para eliminar plagas determina la clasificación del producto. Para medir esta toxicidad, se utiliza la Dosis Letal 50 (DL50), que representa la cantidad de sustancia química necesaria para eliminar al 50 % de una población de animales de prueba (Díaz y Bentancour, 2018).

Asimismo, Díaz y Bentancour (2018) en concordancia con la OMS, clasifica los plaguicidas en cinco grupos según sus valores de DL50, asignando un color de etiqueta que indica su nivel de riesgo:

- a) Rojo (Ia): Extremadamente peligroso (DL50 < 10 mg/kg).
- b) Amarillo (Ib): Altamente peligroso (DL50 10-50 mg/kg).
- c) Naranja (II): Moderadamente peligroso (DL50 51-200 mg/kg).
- d) Azul (III): Poco peligroso (DL50 201-5000 mg/kg).
- e) Verde (IV): Prácticamente no peligroso (DL50 > 5000 mg/kg).

La calidad y la inocuidad de los alimentos no son un hecho fortuito, sino el resultado de un proceso meticuloso que comienza en el campo de producción y se extiende hasta llegar a la mesa del consumidor. Estas prácticas abarcan desde la selección adecuada de semillas y el manejo del suelo hasta la cosecha, el almacenamiento y la distribución de los productos (INIAP, 2012).

Tabla 4

Categoría toxicológica de los plaguicidas

Categoría toxicológica		Nombre común		Nombre comercial	
Extremadamente	Ia –Ib	9	10.1	28	12.0
Altamente	II	26	29.2	101	43.3
Moderadamente	III	30	33.7	67	28.7

Ligeramente	IV	24	26.9	37	15.8
Total		89		233	

Nota. Obtenido de INIA (2012). La tabla clasifica los plaguicidas según su categoría toxicológica, indicando el número de nombres comunes y comerciales para cada categoría.

Pesticida de acuerdo a su formulación. Los plaguicidas, dependiendo de su formulación, pueden desplazarse fácilmente por el aire, aumentando la probabilidad de contaminación y arrastre fuera del área de aplicación. Durante la fumigación, liberan olores característicos que luego se disipan, mientras las partículas líquidas y gaseosas persisten por poco tiempo en el aire antes de caer. Las afectaciones de los pesticidas al medio ambiente y la salud dependen de sus propiedades físico-químicas, que determinan su potencial de transporte y degradación, por lo que se los puede clasificar según su formulación líquida, sólida o gaseosa (Díaz y Bentancour, 2018).

Tabla 5

Clasificación de las pesticidas según su formulación

Pesticidas de acuerdo a su formulación	
Formulación Sólida:	<p>Gránulos dispersables: Gránulos que deben ser dispersados en agua y luego aplicados como suspensión.</p> <p>Gránulos encapsulados: Gránulos con una cobertura de protección para la liberación controlada de la(s) sustancia(s) activa(s).</p> <p>Polvos mojables: Polvos que deben ser dispersados en agua, para luego aplicar como suspensión.</p> <p>Suspensiones encapsuladas: Suspensión estable de cápsulas en un fluido, para ser aplicada en las semillas en forma directa o diluida</p>
Formulación Líquida:	<p>Emulsiones de aceite en agua: Fluido heterogéneo, con una solución de plaguicida en un líquido orgánico, disperso en forma de finos glóbulos en una fase continua de agua.</p> <p>Emulsiones de agua en aceite: Fluido heterogéneo, con una solución de plaguicida en agua, dispersa en forma de finos glóbulos en una fase continua de líquido orgánico.</p> <p>Concentrado emulsionable: Líquido homogéneo, que se aplica como emulsión después de ser diluido en agua.</p>
Formulación Gaseosa:	<p>Fumigantes: Gases comprimidos, pastillas o gránulos que, al reaccionar con la humedad del ambiente, liberan gases por medio de una reacción química.</p>

Nota. Obtenido de Díaz y Bentancour (2018). La tabla clasifica los pesticidas según su formulación en sólida, líquida y gaseosa, describiendo sus características y métodos de aplicación.

Pesticida según su persistencia en el ambiente. De acuerdo a la persistencia de los pesticidas en el ambiente, se los puede clasificar de la siguiente manera:

Tabla 6

Clasificación de acuerdo a su persistencia en el ambiente

Persistencia	Tiempo de descomposición	Ejemplo
No persistentes	0-12 semanas	Malatión, diazinón, Carbarilo y diametrin.
Moderado	1-18 meses	Paratión y Lannate.
Persistentes	Menor a 20 años	DDT, Aldrín y Dieldrín
Permanentes	Mayor a 20 años	Mercurio, Plomo, Arsénico.

Nota. Obtenido de Díaz y Bentancour (2018). La tabla clasifica los pesticidas según su persistencia en el ambiente, indicando el tiempo de descomposición y proporcionando ejemplos para cada categoría.

Pesticidas de acuerdo a su movilidad en las plantas. De acuerdo a su movilidad en las plantas se clasifican en de contacto o sistémico:

Tabla 7

Clasificación de acuerdo a su movilidad en las plantas

Tipo de Pesticida	Descripción	Ejemplos
Pesticidas de Contacto	Penetran en las células de la planta No son transportados por el sistema vascular	Herbicidas paraquat Herbicidas diquat
Pesticidas Sistémicos	Penetran en mayor o menor medida en los tejidos de la planta Pueden ser transportados por el sistema vascular	Herbicida 2,4-D Herbicida glifosato

Nota. Obtenido de Díaz y Bentancour (2018). La tabla clasifica los pesticidas según su movilidad en las plantas, distinguiendo entre pesticidas de contacto y sistémicos, y proporcionando ejemplos para cada tipo.

Los pesticidas de contacto actúan únicamente sobre las partes de la planta con las que entran en contacto directo, mientras que los pesticidas sistémicos pueden ser absorbidos y translocados a través del sistema vascular, alcanzando una mayor área de acción dentro de la planta.

Pesticidas más utilizados en el Perú. La introducción de pesticidas sintéticos en el cultivo de papa de la Sierra peruana desde la década de 1960 ha traído consigo un desequilibrio ambiental y problemas de salud para los agricultores. La papa, como cultivo principal de la región, recibe una quinta parte de los pesticidas utilizados a nivel nacional. Entre los más comunes se encuentran fungicidas para la ranca e insecticidas para el gorgojo de los Andes, las polillas de la papa, la pulgilla y nematodos (Gomero y Lizárraga, 2015).

En ese contexto, los plaguicidas más comunes utilizados en alimentos agrícolas primarios fueron el clorpirifos y el carbendazim, utilizados en hasta cinco cultivos, seguidos por procloraz, buprofezina y metamidofos (hasta tres cultivos). Tiabendazol, tebuconazol y profenofos se encontraron en dos cultivos, mientras que propargita, dimetoato, cipermetrina, propiconazol, procimidona, oxidemetón dimetilo, fipronil, ometoato, triazofos, benalaxyl, diazinón y piraclostrobin se usaron en un solo cultivo cada uno (Correa y Rojas, 2022).

Tabla 8

Principales pesticidas en el cultivo de papa en el Perú

Clase	Ingrediente Activo	Nombre comercial	Toxicidad
Insecticida	Clorpirifos + Cimermetrina	Disparo	MP
	Spiroclufen + Fenpyroximate	Spirosil	LP
	Carbofuran	Silfuran, Furadan	AP
	Abamectina	Bamectin	MP
	Indoxacarb	Steward 150 EC	MP
	Dimetoato	Ciclon	MP
Herbicida	Fipronil	Matrix, Famoss	MP
	Metrobuzina	DK-Buzina	MP
	Glyphosate	Fuego	LP
	Paraquat	Superquat	AP
	Holoxifop	Zelek	LP
	Nicosulfuron + Atrazine	Nicozine	LP
Fungicida	Azoxystrobin	Azobin	LP
	Tebuconazole + Azoxystrobin	Epico	LP
	Myclobutanil	Miclonil	MP
	Clorotalonil	Zetron	MP
Nematicida	Cadusafoss	Rugby	MP

Nota. Schaff (2015) – LP = Ligeramente Peligroso, MP = Moderadamente Peligroso, AP = Altamente Peligroso.

Taxonomía del cultivo de papa

La papa, conocida también como patata, es una planta herbácea del género *Solanum* y la familia *Solanaceae*. Su origen se encuentra en el altiplano sur del Perú y el noroeste de Bolivia (Gálvez, 2014). Más allá de un simple alimento, la papa representa un pilar de la seguridad alimentaria andina, una fuente de sustento para millones y un símbolo arraigado en las tradiciones locales. En tal sentido, las papas cultivadas se ubican en las siguientes categorías:

Tabla 9

Categoría y clasificación de la papa

Categoría	Clasificación
Reyno	Plantae
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanáceas
Género	Solanum
Especie	Tuberosum

Nota. Obtenido de Galvez (2014). La tabla muestra la clasificación taxonómica de la papa (*Solanum tuberosum*) desde el reino Plantae hasta la especie Tuberosum, destacando su posición en la familia Solanáceas.

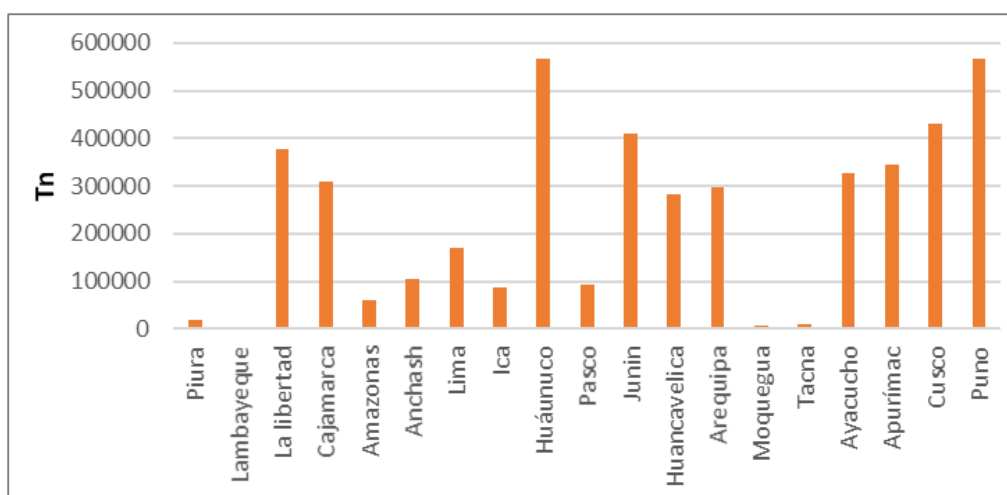
Cultivo de papa en el Perú. En las tierras altas de América Latina, el Perú se corona como el rey de la papa, ostentando el título de principal productor con 4.6 millones de toneladas anuales. A nivel mundial, este tubérculo andino ocupa un meritorio puesto número 18 entre los más cultivados, según datos de la FAO (2014).

La diversidad genética de la papa en Perú es abrumadora: 3.000 de las 5.000 variedades existentes en el mundo se encuentran en este país. Es en las alturas, por encima de los 3.000 metros sobre el nivel del mar, donde se cultivan las papas de más alta calidad. Asimismo, más de 600 mil pequeñas unidades agrarias se dedican a su cultivo, convirtiéndolo en un motor de la economía local y en un símbolo de identidad cultural (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [Midagri], 2023).

El Perú se destaca como un imperio de la papa, con ocho departamentos liderando la producción de este tubérculo: Puno, Huánuco, Cusco, Junín, La Libertad, Apurímac, Ayacucho y Cajamarca. Entre ellos, Huánuco y Puno se destacan como los mayores productores de papa, con más de 500,000 mil toneladas (Midagri, 2018).

Figura 1

Producción de papa en el Perú, por departamentos



Nota. Elaborado por el Midagri (2018). La figura presenta la distribución de la producción de papa en Perú, desglosada por departamentos, destacando las áreas con mayor y menor producción.

La producción de papa en Huánuco. Entre enero y agosto de 2023, se registró una disminución del 4,2 % en la superficie cosechada de papa en Perú, pasando de 29.000 hectáreas en 2022 a 27.800 hectáreas este año. Esta reducción se alinea con la menor área sembrada en Huánuco (5,5 %) durante el período julio 2022 - febrero 2023 (Midagri, 2023).

Durante los primeros ocho meses de 2023, se estima que la producción de papa en Huánuco alcanzó las 405,9 mil toneladas. Esta cifra representa una caída del 10,4 % en comparación con las 453,2 mil toneladas obtenidas en el mismo período del año 2022. Comparado con el promedio de producción de papa de los últimos cinco años en este mismo período, la reducción se sitúa en un 2,7 % (Midagri, 2023).

Figura 2*Huánuco, comportamiento de la producción de papa, 2022 y 2023*

Periodo	Promedio últimos 5 años (Toneladas)	2022 (Toneladas)	Predicción 2023 (Toneladas)	Producción 2023 / Promedio últimos 5 años (Variación %)	2023 / 2022 (Variación %)
Ene	74,159	93,419	72,833	-1.8	-22.0
Feb	57,337	67,043	62,815	9.6	-6.3
Mar	62,329	71,410	60,361	-3.2	-15.5
Abr	85,861	92,083	84,688	-1.4	-8.0
May	68,335	60,710	64,057	-6.3	5.5
Jun	34,779	34,927	28,782	-17.2	-17.6
Jul	16,630	14,832	8,544	-48.6	-42.4
Ago	17,680	18,803	23,790	34.6	26.5
Acumulado	417,110	453,226	405,870	-2.7	-10.4

Nota. Elaborado por el Midagri (2018). La figura muestra el comportamiento de la producción de papa en Huánuco durante los años 2022 y 2023, comparando los datos anuales para identificar tendencias y variaciones.

Suelo

El suelo, cuna de la vida vegetal, es un recurso invaluable que nos sustenta y viste; su formación, producto de la desintegración de la roca madre a lo largo de miles de años, se ve influenciada por diversos factores como el clima, el tiempo, la topografía, la vegetación y la acción de los microorganismos. Esta compleja interacción da lugar a un suelo con propiedades físicas, químicas y biológicas únicas, esenciales para el desarrollo de las plantas (Velásquez, 2003).

El suelo, una frontera natural donde convergen la tierra sólida, líquida y gaseosa, es un escenario fascinante donde se entrelazan elementos minerales inorgánicos, seres vivos y vestigios de la vida. En este espacio dinámico, donde se suceden crecimientos y destrucciones, lavados y evaporaciones, se manifiesta una complejidad natural sin igual (Porta et al., 2010).

Además, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2018), el suelo es definido como un sistema tridimensional compuesto por materia sólida (mineral y orgánica), agua y aire, se clasifica en cinco grupos según su textura y composición: gravas y arenas (suelos gruesos), limos y arcillas (suelos

finos) y suelos altamente orgánicos, estos últimos con características distintivas como color oscuro, olor particular, textura esponjosa, alta compresibilidad y elevado contenido de humedad.

Normativa del uso sostenible del suelo. Según el Decreto Supremo 005-2022-EF de 2022, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri)., aprueba el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, considerando que, el literal b) del artículo 3 de la Ley 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, considera recursos naturales, al suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales y de protección.

La Ley 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (2022), en el art. 2 estipula que la presente Ley orgánica busca impulsar el uso sostenible de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables, creando un marco favorable para la inversión y buscando un equilibrio entre el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y el bienestar de las personas.

En el art. 29 se establece que las condiciones del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, por parte del titular de un derecho de aprovechamiento, sin perjuicio de lo dispuesto en las leyes especiales, son:

- a) Utilizar el recurso natural de manera acorde con el título del derecho, garantizando que se mantengan los procesos ecológicos esenciales.
- b) Cumplir con las obligaciones establecidas en la legislación específica correspondiente.
- c) Seguir los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental y los Planes de Manejo de los recursos naturales definidos en la legislación pertinente.
- d) Pagar la retribución económica correspondiente, de acuerdo a las modalidades establecidas en las leyes específicas.

- e) Mantener al día el derecho de vigencia, según lo establecido en las normas legales pertinentes.

Calidad del Suelo. Un suelo de calidad es aquel que posee la capacidad de retener, liberar y proporcionar agua y nutrientes a las plantas, además de albergar una comunidad biológica activa que contribuye a su fertilidad. Sin embargo, esta calidad no es estática, sino que se ve afectada por las prácticas de manejo a las que se somete el suelo. En este sentido, el uso racional de fertilizantes y plaguicidas es primordial para mantener la productividad del suelo a largo plazo, generando beneficios tanto económicos como ambientales. Autores como García (2013), Navarro y Navarro (2013) enfatizan la importancia de la calidad del suelo, pues esta no solo impacta directamente en el rendimiento de los cultivos, sino que también es crucial en la salud del ecosistema en general.

Tabla 10

Indicadores físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del suelo

Indicador	Relación con las funciones y condiciones del suelo
Físicos	
Textura del suelo	Retención y transporte de agua y minerales, erosión del suelo.
Profundidad y densidad aparente	Estimación del potencial productivo y de erosión
Capacidad de retención de agua	Potencial de lixiviación, profundidad y erosión
Estabilidad de agregados	Erosión potencial de un suelo, infiltración de agua
Químicos	
Materia Orgánica (C y N orgánico)	Fertilidad del suelo, estabilidad y grado de erosión, potencial productivo
pH	Actividad química y biológica, límites para el crecimiento de las plantas y actividad microbiana
Conductividad Eléctrica	Actividad microbiológica y de las plantas, límites para el crecimiento de las plantas y la actividad microbiológica
N, P y K extraíble	Disponibilidad de nutrientes para las plantas y pérdida potencial de N, indicadores de productividad y calidad ambiental
Capacidad de intercambio catiónico	Fertilidad de suelo, potencial productivo
Metales pesados disponibles	Niveles de toxicidad para el crecimiento de la planta y la calidad del cultivo

	Biológicos
Biomasa microbiana (C y N)	Potencial catalizador microbiano y reposición de C y N
N potencial mineralizable	Productividad del suelo y aporte potencial de N
Respiración edáfica, contenido de agua, temperatura del suelo	Medición de la actividad microbiana
Número de lombrices	Relacionado con la actividad microbiana
Rendimiento del Cultivo	Producción potencial del cultivo, disponibilidad de nutrientes

Nota. Acevedo et al. (como se citó en García et al., 2012). La tabla detalla los indicadores físicos, químicos y microbiológicos que afectan la calidad del suelo, explicando cómo cada indicador se relaciona con las funciones y condiciones del suelo, desde la retención de agua hasta la actividad microbiana y la fertilidad.

Aplicación de materia orgánica al suelo. De acuerdo a FAO (2018), la recuperación de los suelos y la restauración de sus condiciones naturales solo es posible mediante la incorporación de nutrientes y materia orgánica que favorezcan la conservación del manto vegetal. En tanto, García (2013) resalta que al incorporar materia orgánica a suelos degradados mejora sus propiedades físicas, promoviendo el desarrollo radicular, la aireación y el aprovechamiento de la humedad. Además, incrementa la fertilidad del suelo al aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y reactivar la actividad microbiológica, lo que contribuye a estabilizar su estructura natural.

En definitiva, frente a la imperiosa necesidad de conservar la fertilidad y productividad de los suelos como base para el desarrollo económico y social, la aplicación de abonos orgánicos surge como una alternativa altamente beneficiosa para la recuperación de suelos degradados (Cisneros et al., 2018).

- **Biol.** se obtiene a partir de la fermentación de materiales orgánicos como estiércol animal, plantas y frutos. Este producto es un fertilizante natural que es tanto ecológica como económicamente rentable. Su producción es relativamente simple y de bajo costo, ya que se utilizan insumos locales. El biol consta de dos componentes: una parte sólida conocida como biosol, que se obtiene al limpiar el biodigestor, y una parte líquida que se usa como abono foliar. El biosol está compuesto por materia orgánica no degradada, ideal

para el cultivo de plantas. En la elaboración del biol, se puede utilizar cualquier tipo de estiércol (Restrepo, 2017).

La aplicación de biofermentos en suelos contaminados no solo ayuda a la adsorción de metales, sino que también mejora la retención de nutrientes esenciales, favoreciendo el crecimiento de las plantas al mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo (Meththika et al. 2018). Esto permite regular el pH, reducir la lixiviación de nutrientes a las aguas subterráneas y mejorar el régimen de nutrientes, especialmente en suelos arenosos (Simansky et al. 2016).

Figura 3

Elaboración tradicional del biol



Nota. Elaborado por León et al. (2019). La figura ilustra el proceso de elaboración tradicional del biol.

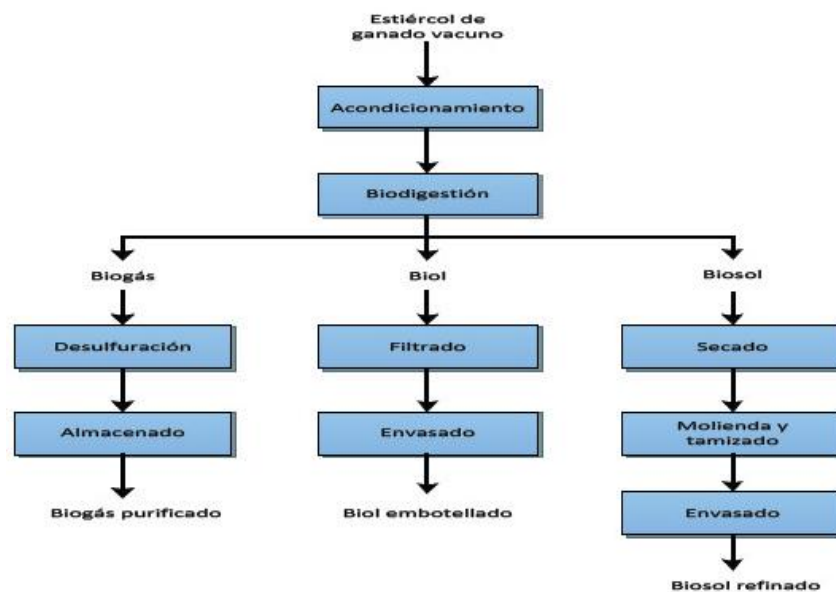
- **Elaboración y modo de empleo.** Duicela et al. (2008) sugieren que, en un tanque de 200 litros, se deben colocar estiércol de vaca, microorganismos líquidos, leche (o suero), plantas seleccionadas, harina de roca y/o ceniza. Se debe diluir la melaza en un pequeño balde y añadirla a la mezcla. Luego, completar el volumen total del cilindro con agua limpia hasta alcanzar 180 litros y revolver bien para obtener una mezcla homogénea. Es crucial cerrar herméticamente el cilindro y dejarlo fermentar en condiciones

anaeróbicas y a la sombra durante un mínimo de 30 a 40 días. En climas muy fríos, la fermentación puede extenderse hasta 60 días o más. Tras el período de fermentación, abrir el cilindro y verificar la calidad del biol por su olor y color. No debe oler a putrefacción ni tener un color azul violeta; el olor característico debe ser similar al de la fermentación (como la chicha). Si no es así, debe descartarse (INIAP, 2012).

Para la aplicación del biol, se utiliza una mochila de aspersión en una concentración del 5%. En una mochila de 20 litros, se coloca 1 litro de biol y luego se añade 19 litros de agua. Antes de aplicar, se debe homogenizar la mezcla en la mochila con un agitador. La aplicación al cultivo se realiza como fertilizante foliar, dirigiéndolo al follaje. También se obtienen buenos resultados al aplicar este abono al suelo o a la semilla en el momento de la siembra. El número y momento de las aplicaciones dependen de la fenología del cultivo, y estas deben realizarse cuando el follaje está en pleno crecimiento, no cuando ha alcanzado su madurez fisiológica (Yugsi, 2011).

Figura 4

Diagrama de flujo del biol tradicional



Nota. Elaborado por León et al. (2019). La figura presenta un diagrama de flujo que describe el proceso del biol tradicional, detallando las etapas y secuencias del método de elaboración.

Fertilidad del suelo. Velásquez (2003), menciona que un suelo es fértil, cuando sus condiciones agronómicas soportan el desarrollo sostenido de un cultivo. Un suelo es productivo, cuando mantiene su fertilidad, es decir, una relación: agua-suelo-planta óptima (p. 5). En otras palabras, la fertilidad del suelo es un factor determinante para la productividad agrícola. Un suelo fértil y productivo es aquel que reúne las condiciones necesarias para el desarrollo óptimo de las plantas, asegurando así la obtención de cosechas satisfactorias.

Si bien el color del suelo puede ser un indicio visual de ciertas características, Porta et al. (2010) sostienen que no es un indicador confiable de su fertilidad. La fertilidad real del suelo está estrechamente ligada a su estructura, la actividad biológica que alberga y la disponibilidad de nutrientes específicos para el tipo de cultivo en cuestión. El suelo, desempeña una variedad de funciones que abarcan diversos ámbitos:

- A. Función productiva: Esta función se basa en su capacidad de almacenar y liberar nutrientes, facilitar la circulación del aire y retener y almacenar agua.
- B. Función hidrológica: regula la infiltración, el almacenamiento y los flujos de aguas superficiales y subterráneas; además, tiene una conexión directa con la calidad de los cuerpos de agua lacustres.
- C. Función ecológica: esta función es de gran relevancia, ya que purifica, mitiga, descompone y reduce la toxicidad de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en las deposiciones atmosféricas, incluyendo los subproductos generados por la industria y los sectores rurales y urbanos.
- D. Función biológica: es el hábitat donde prosperan numerosos organismos, convirtiéndose en un entorno esencial para la conservación de la biodiversidad y las reservas genéticas.
- E. Función biogeoquímica: proporciona equilibrio energético al planeta al acumular y facilitar el ciclo de nutrientes.

F. Función socioeconómica: es la base para la agricultura, permitiendo el cultivo de alimentos y otros productos vitales; posibilitar el establecimiento de asentamientos humanos; servir como soporte para infraestructuras; y proveer materias primas indispensables para diversos sectores.

Degradación del suelo por actividades agrícolas. Suquilanda (2015) señala que la degradación resultante de una agricultura insostenible impacta significativamente la fertilidad y todos los parámetros que la constituyen. En tal sentido, una de las formas de degradación es la disminución de la fertilidad, lo que reduce la capacidad del suelo para proporcionar nutrientes a las plantas y estimular su crecimiento. Esto se debe a modificaciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, causadas por el uso excesivo de agroquímicos y fertilizantes (Spain y Gualdrón, 2014).

La degradación del suelo, un proceso que amenaza su fertilidad y productividad, se manifiesta en dos formas principales: química y física. Según García y Dorronsoro (2015), la degradación química se caracteriza por la pérdida de nutrientes esenciales para las plantas, la acidificación, la salinización, la sodificación y el aumento de la toxicidad debido a la concentración de elementos químicos nocivos. Por otro lado, la degradación física del suelo se evidencia en la pérdida de su estructura, el aumento de la densidad aparente, la disminución de la permeabilidad y la menor capacidad de retención de agua.

Además, la degradación biológica del suelo, un proceso que afecta negativamente su fertilidad y productividad, se caracteriza por la disminución de la materia orgánica, lo que conlleva a una pérdida significativa de la actividad microbiana. De acuerdo con Suquilanda (2015), esta reducción de la actividad biológica implica el deterioro de la calidad de la estructura del suelo, ya que se ven interrumpidos los ciclos naturales de desarrollo de los organismos edáficos, lo que a su vez se traduce en una escasa producción de *humus*, un componente esencial para la fertilidad del suelo.

Las prácticas agrícolas actuales, que incluyen el tipo de arado utilizado, los modelos de cultivo y el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, han tenido un impacto significativo en la calidad de los recursos naturales, deteriorando los suelos hasta el punto de que no pueden recuperarse de forma natural (Wienhold et al., 2014). Además, se produce una sobreacumulación de nitratos en el subsuelo, los cuales, por lixiviación, pueden contaminar las aguas subterráneas. Adicionalmente, los abonos sintéticos desestabilizan la textura del suelo, reduciendo su vida útil (García y Dorronsoro, 2015).

Según Bermúdez (2016), la pérdida de capacidad productiva de los suelos se debe principalmente a la aridez, las sequías, factores climáticos, geomorfológicos y bióticos, pero sobre todo a la mala gestión humana del recurso. Del mismo modo, García (2013) añade que el cambio climático también juega un papel importante en la degradación del suelo, ya que la pérdida de biomasa y materia orgánica aumenta las emisiones de carbono a la atmósfera, lo que afecta negativamente la calidad del suelo y su capacidad de retener nutrientes y agua.

Bajo la misma línea, García (2013), expone que los procesos degradativos del suelo se pueden clasificar en función del tipo de degradación que generan, los cuales son:

- a) Procesos de degradación física: erosión causada por el agua y el viento, compactación del suelo, y formación de capas endurecidas.
- b) Procesos de degradación química: desequilibrio de bases, contaminación y acumulación de óxidos de hierro.
- c) Procesos de degradación biológica: deterioro de la vegetación, reducción del contenido de materia orgánica, disminución de la microfauna y macrofauna, y aumento de patógenos activos en el suelo.
- d) Por consiguiente, todos estos procesos de degradación del suelo pueden ocurrir de forma simultánea, lo que genera graves problemas en la calidad orgánica del suelo, la degradación del suelo, en su mayor parte, es causada por actividades humanas que

impactan negativamente en los diferentes componentes y elementos del suelo (Brissio y Savini, 2015).

Normativa legal del uso de pesticidas en el Perú. Según el Decreto Supremo 001- 2015-EF de 2015, Ministerio de Agricultura y Riego, aprueba el reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola, siendo responsabilidad del Senasa, su aplicación en todo el territorio nacional.

En el art. 1 se establece como objetivo central la protección de la salud humana y el medio ambiente. Busca garantizar la efectividad biológica de los productos fitosanitarios y promover su uso y manejo adecuado a través de la implementación de buenas prácticas agrícolas en todas las etapas del ciclo de vida de los plaguicidas.

En el art. 3 estipula que el presente reglamento es aplicable a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, con o sin fines de lucro, que participen en cualquier etapa del ciclo de vida de los plaguicidas de uso agrícola en todo el territorio nacional.

Además, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015), sostiene que la norma ha sido elaborada con la participación de diversos actores, incluyendo autoridades sanitarias y ambientales, gremios, industria, academia y sociedad civil. Entre sus beneficios destaca la consolidación en un solo documento de todas las actividades relacionadas con los plaguicidas agrícolas, optimizando procedimientos y requisitos para un registro más ágil y eficiente. Además, se establece un tratamiento diferenciado para distintos tipos de plaguicidas y se involucra a todos los actores en la vigilancia y control de los mismos.

Impacto ambiental en el suelo, salud, económico y social por el uso de pesticidas y fertilizantes

Impacto en el suelo. Según Aparicio et al. (2015) mencionan que el destino de un plaguicida en el suelo está determinado por cuatro procesos: retención, transporte, degradación e interacción. Estos

procesos, a su vez, reducen la cantidad inicial de plaguicida aplicado, por lo que la predominancia de cada proceso depende de las propiedades del plaguicida y del suelo. Tras ingresar al suelo, el plaguicida se distribuye entre las fases líquida, sólida y gaseosa. Aparicio et al. (2015) identifican los siguientes medios de contaminación:

- a) Fase líquida. Durante esta fase, puede ser llevado por el agua hacia capas más profundas, alcanzando incluso el agua subterránea. Además, queda accesible para sufrir transformaciones químicas, físicas o microbiológicas hacia otros compuestos.
- b) Fase sólida. En esta etapa, los plaguicidas son retenidos con diversas intensidades en coloides orgánicos, como la materia orgánica, e inorgánicos, como las arcillas del suelo. En este estado, pueden migrar mediante el transporte por el agua, conocido como erosión hídrica, o a través del aire, en un proceso denominado erosión eólica.
- c) Fase gaseosa. Al volatilizarse desde el suelo o el agua, se incorpora a la atmósfera.

Impacto en la salud. Según Bejarano (2011), los plaguicidas pueden provocar diversos efectos negativos en la salud, incluyendo dolores de cabeza, náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarrea. La severidad de estos efectos depende de varios factores:

- a) Tipo de plaguicida: Cada plaguicida posee un nivel de toxicidad propio.
- b) Grado de exposición: Mayor dosis, mayor riesgo de efectos adversos.
- c) Frecuencia de aplicación: La exposición repetida aumenta el riesgo.
- d) Uso de protección personal: Medidas adecuadas pueden reducir la exposición.

En ese contexto, la ONU (2022) alerta sobre los efectos adversos

de los plaguicidas en la salud humana, clasificándolos en agudos y a largo plazo. Cada año se registran alrededor de 385 millones de casos de envenenamiento no mortal y 11.000 muertes por exposición accidental a plaguicidas. Adicionalmente, se estima que entre 1 y 2 millones de casos de auto envenenamiento provocan unas 168.000 muertes anuales.

La evidencia científica indica que la exposición ocupacional o residencial a ciertos plaguicidas se asocia con un mayor riesgo de padecer cáncer, daños neurológicos, problemas inmunológicos y alteraciones reproductivas.

Impacto económico. Gomero y Lizárraga (2009) analiza el impacto económico del uso de pesticidas en el cultivo de papa en la Sierra. Se encontró que los costos de producción varían entre 13 % y 27 % dependiendo del gasto en insecticidas, el cual puede llegar hasta 1.053 dólares por hectárea. Sin embargo, se ha demostrado que, a menor uso de pesticidas, mayor es el margen de utilidad. A pesar de la reducción significativa en el uso de pesticidas, los rendimientos promedios estimados han aumentado.

Impacto social. Gomero y Lizárraga (2009) revelan un impacto social complejo del uso de pesticidas en el cultivo de papa:

Percepción de los agricultores:

Conciencia sobre la reducción de la calidad del tubérculo debido al uso constante de pesticidas (cambios en textura y sabor amargo).

- a) Muchos agricultores optan por no consumir su propia cosecha y siembran papas solo con fungicidas en zonas altas.
- b) Resignación ante el uso de pesticidas como única alternativa disponible.
- c) Preocupación por la contaminación del agua y el entorno en Chaglla (75 % de los productores).

Problemas de salud:

- a) Intoxicaciones en el campo por el uso indiscriminado de pesticidas.
- b) Falta de atención del sector salud debido al desconocimiento y la ausencia de programas de seguimiento epidemiológico.

2.3. BASES CONCEPTUALES

- a. Suelo: Es un recurso natural compuesto por minerales, aire, agua y materia orgánica, alberga una rica diversidad de microorganismos que impulsan procesos bióticos y abióticos esenciales para la vida en la Tierra. Su invaluable rol en la agricultura, la regulación del clima y el mantenimiento de la biodiversidad lo convierten en un componente vital para el bienestar de la sociedad y el planeta. (FAO, 2018).
- b. Degradación: La degradación del suelo se define como la pérdida gradual de su calidad y fertilidad debido a la contaminación por sustancias nocivas, la alteración de su composición química o la interrupción de sus procesos biológicos como consecuencia de un uso inadecuado del recurso (Velásquez, 2017).
- c. Pesticidas: son compuestos químicos o biológicos diseñados para eliminar o controlar poblaciones de organismos considerados plagas o pestes. Su desarrollo responde a la necesidad de proteger la salud humana, los cultivos, los frutos almacenados y los animales domésticos de los daños causados por estas plagas (Bedmar, 2011).
- d. Fertilizantes: son sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas, naturales o sintéticas, que se aplican al suelo o a las plantas para aportarles los nutrientes esenciales que necesitan para un crecimiento y desarrollo óptimo (Arevalo y Castellano, 2009).
- e. Biol: son productos derivados de la descomposición de materia orgánica disuelta en agua por la acción de microorganismos. Este proceso transforma elementos que no podrían ser asimilados directamente por las plantas en sustancias fácilmente utilizables por las mismas para su nutrición y crecimiento (FAO, 2018).

- f. Microorganismos: Los microorganismos representan una comunidad diversa y numerosa que habita el suelo, puesto que mantienen el equilibrio y fertilidad. Estos organismos, que incluyen bacterias, hongos y actinomicetos, se encuentran naturalmente en el suelo y desempeñan funciones esenciales, como la descomposición y transformación de materia orgánica en nutrientes que las plantas pueden absorber y utilizar para su crecimiento (Luna y Mesa, 2016).
- g. Fertilidad del suelo. Velásquez (2003), menciona que un suelo es fértil, cuando sus condiciones agronómicas soportan el desarrollo sostenido de un cultivo. Un suelo es productivo, cuando mantiene su fertilidad, es decir, una relación: agua-suelo-planta óptima (p. 5).
- h. Fertilizantes químicos. Los fertilizantes químicos, en contraste con el estiércol o las coberturas vegetales, suministran al suelo una cantidad considerablemente mayor de nutrientes, pero no poseen la capacidad de mejorarlo a largo plazo. Si bien la mayoría de los agricultores no disponen de suficiente abono orgánico para cubrir la totalidad de sus campos, los fertilizantes químicos se presentan como una alternativa eficaz para incrementar la productividad de manera rápida, a pesar de su precio en constante aumento (Sánchez, 2013).
- i. Estiércol de vaca. Según Restrepo (2007), el estiércol de vaca sirve como fuente de microorganismos esenciales para iniciar y mantener el proceso de fermentación. Este material aporta una gran diversidad de microorganismos beneficiosos, entre los que se destaca el *Bacillus subtilis*, un microorganismo conocido por su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento de las plantas.
- j. Estiércol de cuy. El estiércol de cuy, un abono natural rico en nutrientes como nitrógeno (0,70 %), fósforo (0,05 %) y potasio (0,31 %), se convierte en un aliado invaluable para la agricultura sostenible, especialmente en las regiones andinas. No obstante, para liberar todo su potencial fertilizante, este valioso recurso requiere de un proceso de maduración similar a la alquimia (Yucaila, 2020).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_{1G}: La aplicación de dos fuentes de biofermento logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

H₀: La aplicación de dos fuentes de biofermento no logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H_{E1}: La aplicación de biofermento de estiércol de vacasa logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

H₀: La aplicación de biofermento de estiércol de vacasa no logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

H_{E2}: La aplicación de biofermento de estiércol de cuyaza logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

H₀: La aplicación de biofermento de estiércol de cuyaza no logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Biol más microorganismos eficientes.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Suelo degradado.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	Definición operacional	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
VI Biol más microorganismos eficientes	Se implementan 2 biodigestores, donde se elaboran biofermentos de 2 fuentes de estiércol (vacasa y cuyaza) más bacterias eficientes (<i>Lactobacillus</i>), luego de la fermentación de los biofermentos (45 días) se hace la aplicación de estos al suelo, estos a su vez luego de 45 días se mandan al laboratorio para evaluar las propiedades nutricionales. Se tuvo en cuenta una muestra de suelo sin aplicación que fue el grupo control.	Se origina a partir de la fermentación de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes y frutos, entre otros (Restrepo, 2017).	Físico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Conductividad ❖ Capacidad de intercambio catiónico (CIC) ❖ Humedad ❖ Potencial de hidrógeno (pH) del suelo ❖ Contenido de materia orgánica (M.O.) 	Conductímetro. Hidrómetro, etc. Peachímetro.
			Químico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contenido de macronutrientes primarios: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) ❖ Contenido de macronutrientes secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) 	Espectrofotómetro, reactivos, probetas, pipetas, etc.

<p>VD Suelo degradado</p>	<p>Es la pérdida de la calidad del suelo como resultado de la contaminación de sustancias nocivas, modificación de la composición química o alteración en los procesos biológicos por el uso inapropiado del recurso (Velásquez, 2017).</p>	Físico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Textura ❖ Color ❖ Potencial de hidrógeno (pH) del suelo ❖ Contenido de materia orgánica (M.O.) ❖ Contenido de macronutrientes 	<p>Hidrómetro, probetas, etc.</p> <p>Reactivos, ác. Sulfúrico.</p>
		Químico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contenido de macronutrientes primarios: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) ❖ Contenido de macronutrientes secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) 	<p>Espectrofotómetro, reactivos, probetas, pipetas, etc.</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con Bernal (2010), el tipo de investigación es la manera de abordar el estudio en relación a la situación, fenómeno o problema en concreto. En ese sentido, la presente investigación se enmarcó en el tipo de investigación básica, ya que esto permite enriquecer el conocimiento que se tiene sobre el fenómeno, objeto o situación estudiada” (Pimienta y De la Orden, 2017, p. 83), y una de sus características es que su finalidad es formular nuevas argumentaciones en relación al tema investigado, y que a su vez puede conllevar a modificaciones de esta misma.

3.1.1. ENFOQUE

Hernández et al. (2014) señalan que el enfoque de investigación se centra en la utilización métodos y técnicas con el fin de poder llevar a cabo un estudio científico. Además, considera las estrategias de recolección y análisis de datos e interpretación de resultados.

Entendiendo lo anterior y la naturaleza del objetivo de la investigación, este tuvo una aplicación del enfoque cuantitativo dado a los usos de números y de la estadística que fueron necesarios para llegar a responder a las hipótesis de estudio, porque dicho enfoque, según Babbie (2016) se diferencia por la utilización de datos numéricos y métodos estadísticos desde la recolección de datos hasta la interpretación de los mismos; dicho en otras palabras, en enfoque cuantitativo busca que las variables tengan una medicación objetiva de tal manera de encontrar patrones de comportamiento y esto a su vez permite responder a las preguntas de investigación.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según Hernández et al. (2014), el nivel está relacionado con la complejidad que tiene una investigación, es decir, el grado de

profundidad en la que se investigación un problema específico. Hay un consenso que los niveles de investigación son varios, entre ellos el descriptivo, correlacional, explicativo, entre otros. No obstante, la investigación tomó el nivel correlacional, ya que tuvo como finalidad buscar el grado de relación o asociación que tengan las dos variables de estudio. Respaldao el punto anterior, Tamayo y Tamayo (2010) señala que este nivel persigue fundamentalmente determinar el grado en el cual las variaciones en uno o varios factores son concomitantes con la variación en otro u otros factores (p. 7).

3.1.3. DISEÑO

Dentro del diseño de investigación, esta muestra la estrategia de cómo se obtendrán los datos para resolver el problema de estudio. La estrategia implica en una serie de aspectos esenciales para la investigación, como la selección de sujetos, procedimientos de medición, ambiente de investigación y los métodos de análisis de datos (Hernández et al., 2014). Estos mismos autores argumentan que existen dos clasificaciones: el diseño experimental y la no experimental.

En ese sentido, el estudio tuvo un diseño experimental. Cabe señalar que este tipo de diseño, de acuerdo con Pimienta y De la Orden (2017):

Se sustenta en obtener información y construir conocimiento a partir de acciones intencionales y coordinadas con la finalidad de reproducir el fenómeno estudiado o modificar algunas de sus variables, con el objetivo de determinar o establecer conclusiones acerca de la manera que influyen sobre dicho fenómeno. (p. 84)

Entonces, se entiende que este diseño enfatiza la recolección de datos y la construcción de conocimiento mediante acciones intencionadas y coordinadas, permitiendo reproducir o modificar variables del fenómeno para establecer conclusiones sobre su influencia.

Ahora bien, este diseño se apoya por Diseño Estadístico de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Se incluyeron un bloque de tres tratamientos y un grupo testigo, y un total de cinco repeticiones (05). Se aplicó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 %, utilizando para ello el software Microsoft Excel 2019.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Tamayo y Tamayo (2010) enfatiza que la población abarca la totalidad de unidades de análisis de un fenómeno de estudio, por lo que es necesario cuantificarse para una determinada investigación, por tanto, esto es representado por una N. Además, Hernández et al. (2014) mencionan que es el conjunto de objetos o medidas con características comunes, representando el universo de casos que cumplen con las especificaciones del estudio.

Por lo tanto, la población para la presente investigación estuvo conformada por una zona agrícola de la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca, en el distrito de Tantamayo, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco. La comunidad campesina se encuentra en las coordenadas UTM WGS-84 Datum, zona 18 sur.

Tabla 11

Ubicación geoespacial – coordenadas UTM – Zona 18, WGS- 84 zona del estudio

Coordenadas UTM de la comunidad campesina	Norte	Este
San Pedro de Pariarca	8961248.95	311191.51

3.2.2. MUESTRA

De acuerdo con López (2022), la muestra representa una parte o un subconjunto de la población, las cuales serán tomados para llevar a cabo la investigación. La manera en la que se puede conocer la muestra se puede realizar a través de distintas formas, como fórmulas, lógicas, entre otras. Esta muestra debe ser de algún modo una parte

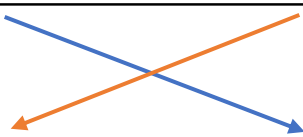
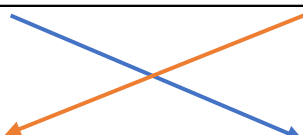
representativa de la población.

En esta investigación se consideró como muestra un área de 9 m² dentro de una superficie de 0.5 hectáreas, destinando 1 m² para cada repetición en six sag y 1 m² para separar los bloques de cada repetición, utilizando el centro de la parcela para minimizar variaciones en los resultados. Se aplicaron cinco tratamientos y un control para cada repetición de la siguiente manera:

1. T0: 1 kg de suelo sin aplicación.
2. T1: 200 ml de biofermento + 1 kg de suelo.
3. T2: 120 ml de biofermento + 1 kg de suelo.
4. T3: 60 ml de biofermento + 1 kg de suelo.
5. T4: 20 ml de biofermento + 1 kg de suelo.
6. T5: 5 ml de biofermento + 1 kg de suelo.

Figura 5

Parcela de Biofermento de vacasa y de cuyaza

Biol de vacasa			Biol de cuyaza	
T1	T2		T1	T2
T3	T0		T3	T0
T5	T4		T5	T4
				
T1	T2		T1	T2
T3	T0		T3	T0
T5	T4		T5	T4
				
T1	T2		T1	T2
T3	T0		T3	T0
T5	T4		T5	T4

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

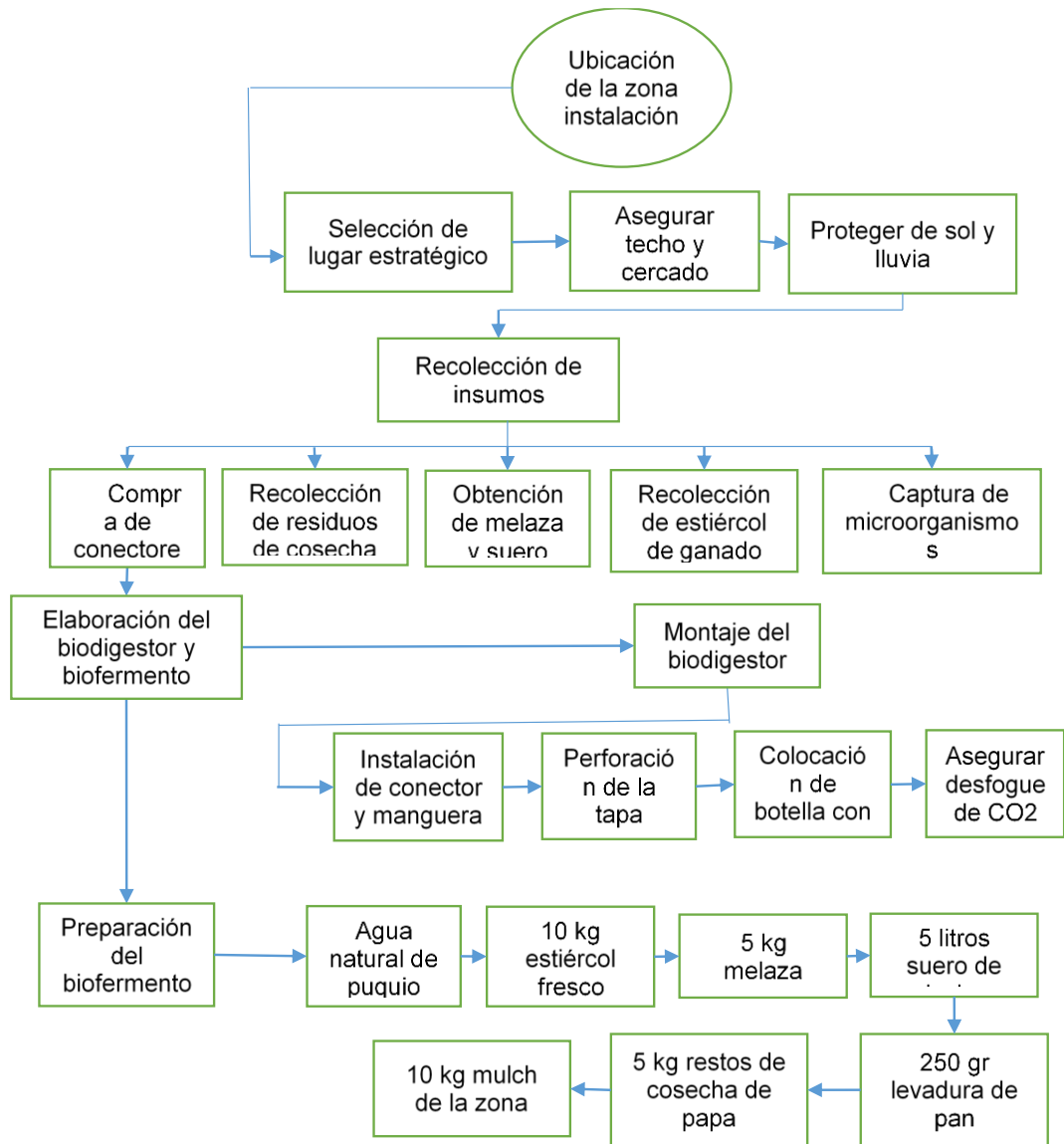
Las técnicas de investigación son procedimientos estandarizados y sistemáticos para recolectar y analizar datos, incluyendo encuestas,

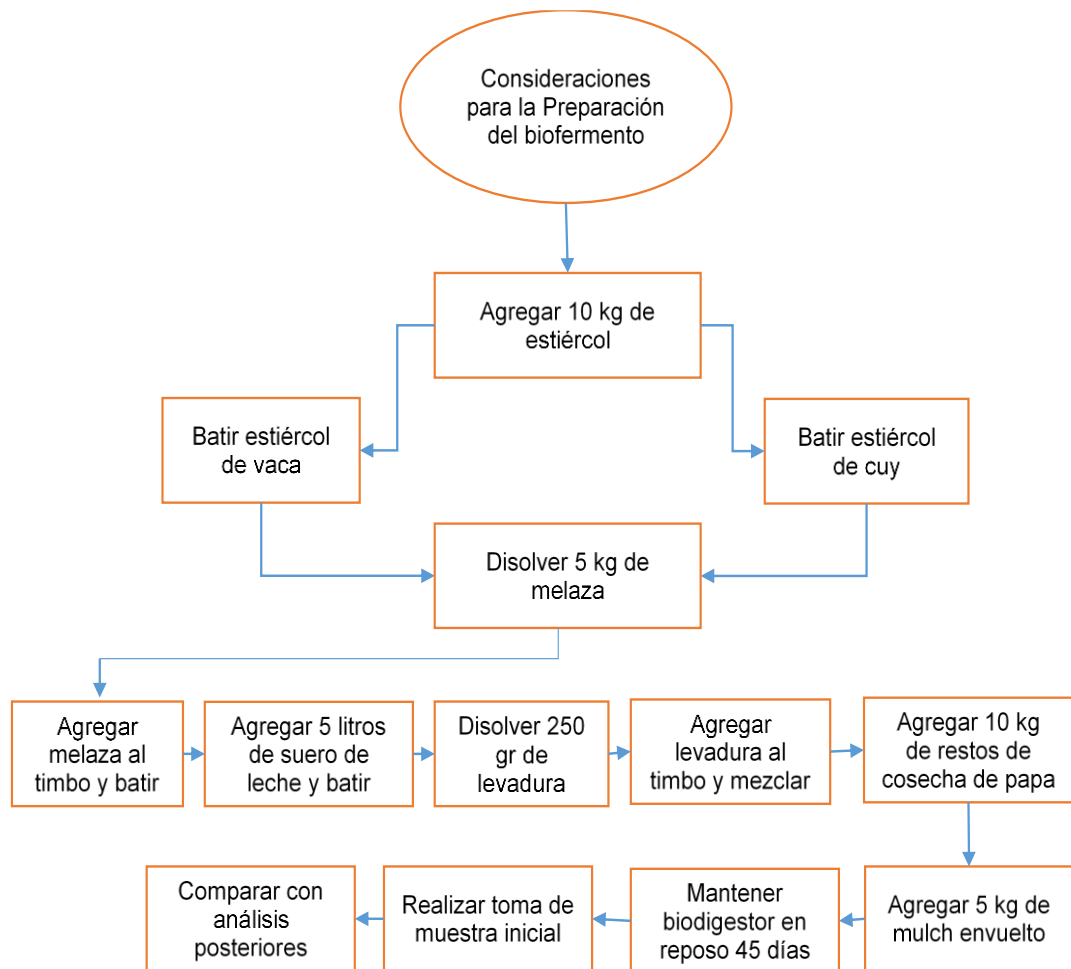
entrevistas, observación y análisis de contenido, entre otros (Bryman, 2016, p. 114). Así mismo, podemos señalar que estas son herramientas y estrategias empleadas para obtener y analizar datos de manera estructurada y rigurosa, con el fin de responder a preguntas de investigación.

Entonces, lo que se usó en el trabajo investigativo es el fichaje y el análisis de contenido. Estas técnicas son esenciales en la investigación cuantitativa, utilizados para recolectar, organizar y analizar información. El primero, el fichaje, proporciona una base estructurada de información que puede ser utilizada en el análisis de contenido. Las fichas organizadas permiten al investigador acceder rápidamente a datos relevantes, facilitando la codificación y categorización del contenido. Además, las observaciones y reflexiones anotadas en las fichas de trabajo pueden enriquecer el análisis e interpretación de los resultados.

Etapas de campo

Por otro lado, en el recojo de información en la etapa de campo se siguieron pasos continuos, esto dentro del marco de la fase experimental donde se aplicó el biol más microorganismos eficientes en un suelo degradado:





Instrumentos

En relación con los instrumentos, estos son herramientas que se utilizan para recoger la información necesaria para responder las preguntas de investigación. Incluyen preguntas abiertas o cerradas, cuestionarios, entrevistas, pruebas y otros dispositivos que ayudan a medir o evaluar una variable o constructo específico (Creswell, 2014, p. 179). Es preciso señalar que el instrumento en esencia es una herramienta de recojo de datos necesarios para el estudio.

Bajo este argumento y lo que buscó responder la investigación, esta utilizó el instrumento de la ficha de campo de registro de muestras, etiquetas, el análisis de resultado del laboratorio, programa de Microsoft Excel.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento y análisis de la información permiten transformar datos brutos en conocimientos útiles y significativos. Las técnicas utilizadas en estas fases son variadas y dependen del tipo de datos, los objetivos de la investigación y el enfoque metodológico adoptado.

En el procesamiento de la información se prepararon los datos para el análisis, abarcando recolección, limpieza, codificación y transformación. Cada etapa garantizó que los datos sean precisos y adecuados, mejorando la validez del análisis y la fiabilidad de los resultados obtenidos en la investigación. Además, estos datos se presentaron y mostraron en figuras y tablas de acuerdo a la necesidad que tenga la investigación, que bien pueden ser de barras, circulares, lineales, entre otros, los cuales permitirán describirlos y analizarlos de un modo más amigable y ameno.

En el análisis de la información se centró en examinar los datos procesados para identificar patrones y relaciones, esenciales para responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos planteados. Las técnicas de análisis se adaptaron según el tipo de datos (cuantitativos) y el enfoque metodológico (correlacional). En el análisis cuantitativo, la estadística descriptiva empleó la media, mediana, desviación estándar y gráficos de dispersión para resumir y describir los datos. En la estadística inferencial permitió generalizar y predecir a partir de muestras, utilizando pruebas de hipótesis, intervalos de confianza, análisis de regresión y análisis de varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95 %, para la diferencia de medias se utilizó la prueba de Tukey, y al mismo tiempo se plasmaron en cuadros con gráficos y su descripción.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de dos fuentes de biofermento (vacaza y cuyaza) en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), en la comunidad campesina San Pedro de Pariarca, distrito de Tantamayo, Huánuco.

Se evaluaron propiedades físicas y químicas del suelo, considerando tratamientos con diferentes dosis de biofermento (T1–T5) y un tratamiento control (T0). Los parámetros analizados incluyen textura del suelo, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, bases cambiables, capacidad de intercambio catiónico (CICe) y saturación de aluminio.

➤ CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL SUELO

Tabla 12

Características físicas y químicas iniciales del suelo en estudio

Parámetro	Valor	Unidad
Arena (%)	69.5	%
Arcilla (%)	8.4	%
Limo (%)	22.1	%
pH (1:1)	3.99	-
Materia orgánica	2.136	%
N total	0.107	%
P disponible	3.177	ppm
K ₂ O disponible	66.282	ppm
CICe	10.036	Cmol(+)/kg

Nota. Elaboración a partir de las mediciones realizadas antes de la aplicación del biofermento de Vacaza y Cuyaza.

El suelo en estudio presentó una textura con predominio de arena (69.5 %), 8.4 % de arcilla y 22.1 % de limo, clasificándose como Franco Arenoso. El pH fue de 3.99, lo que indica un suelo muy ácido. Asimismo, los valores de materia orgánica (2.136 %), nitrógeno total (0.107 %), fósforo (3.177 ppm) y

potasio (66.282 ppm) se ubicaron en niveles bajos, evidenciando un suelo con baja fertilidad natural. La CICE fue de 10.036 Cmol(+)/kg, considerada también baja, lo cual refleja una limitada capacidad de retener nutrientes.

➤ EFECTO DEL BIOFERMENTO DE VACAZA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

a. pH, materia orgánica y nitrógeno total

Tabla 13

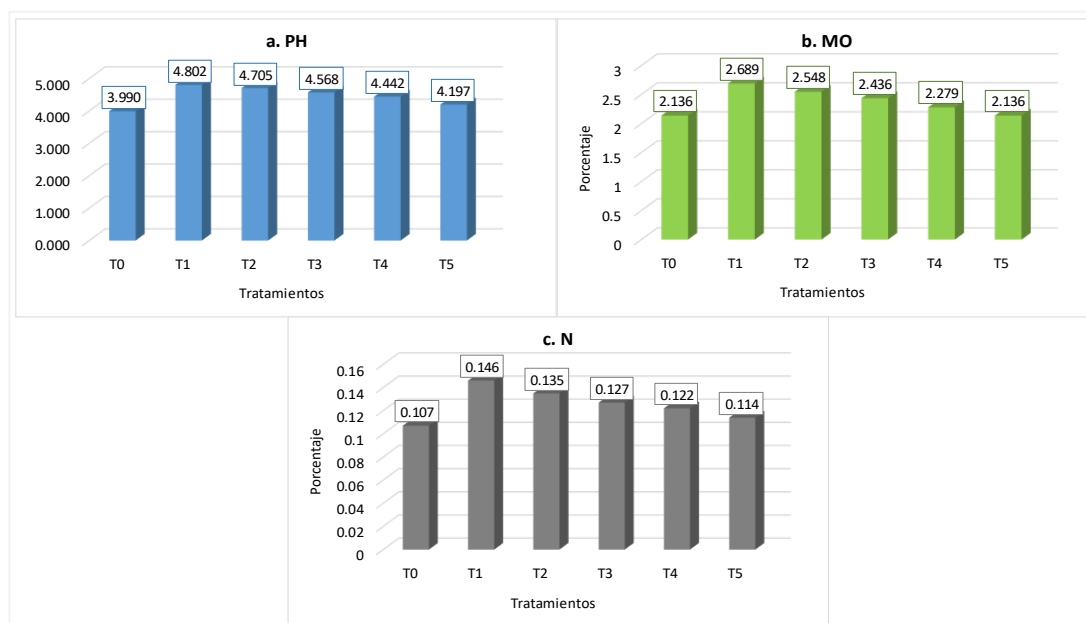
Efecto del biofermento de Vacaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo

Tratamiento	Descripción	pH 1:1	MO %
T0	Control (1 kg suelo)	3.990 ± 0.000	2.136 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	4.802 ± 0.061	2.698 ± 0.159
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	4.705 ± 0.111	2.548 ± 0.136
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	4.568 ± 0.123	2.436 ± 0.116
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	4.442 ± 0.144	2.279 ± 0.080
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	4.197 ± 0.110	2.136 ± 0.000

Nota. Elaboración a partir de las mediciones realizadas luego de la aplicación del biofermento de Vacaza. Cada valor representa la media de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Figura 6

Efecto del biofermento de Vacaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo



Nota. Elaboración a partir de las mediciones realizadas luego de la aplicación del biofermento de Vacaza. Cada valor representa la media de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Los resultados muestran que la aplicación del biofermento mejoró las propiedades químicas del suelo en comparación con el control, evidenciándose un incremento del pH, de la materia orgánica y del nitrógeno total conforme aumentó la dosis aplicada. El tratamiento con **200 ml de biofermento por kilogramo de suelo (T1)** presentó los valores más altos de pH (4.80), materia orgánica (2.69%) y nitrógeno total (0.15%), indicando que el biofermento contribuye a **reducir la acidez y enriquecer el suelo en nutrientes**, siendo esta dosis la más eficaz para mejorar su calidad.

Fósforo y potasio disponibles

Tabla 14

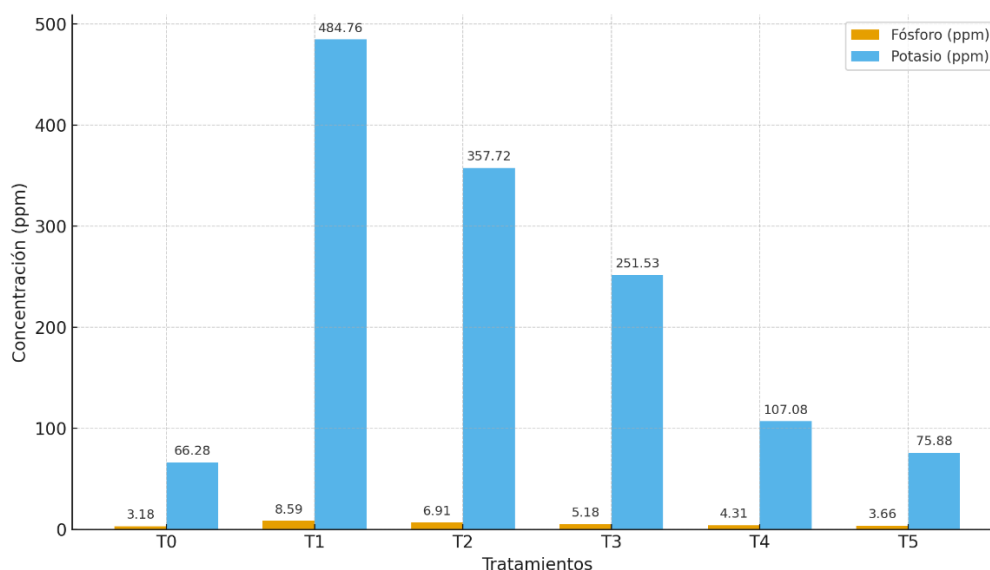
Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de vacaza

Tratamiento	Descripción	P disponible ppm	K ₂ O disponible ppm
T0	Control (1 kg suelo)	3.177 ± 0.000	66.282 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	8.586 ± 0.442	484.758 ± 19.555
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	6.910 ± 0.225	357.720 ± 46.211
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	5.178 ± 0.122	251.533 ± 43.530
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	4.306 ± 0.147	107.076 ± 5.381
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	3.658 ± 0.047	75.878 ± 0.826

Nota. Elaboración propia a partir de las mediciones realizadas luego de la aplicación del biofermento de Vacaza. Cada valor representa la media de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Figura 7

Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de vacaza



Nota. Elaboración a partir de las mediciones realizadas luego de la aplicación del biofermento de Vacaza. Cada valor representa la media de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Los resultados muestran que la aplicación del biofermento de vacaza mejoró significativamente la disponibilidad de nutrientes esenciales (P y K₂O), con un efecto marcado en dosis altas (T1 y T2). Esto indica que el biofermento actúa como una fuente importante de macronutrientes, favoreciendo la fertilidad del suelo degradado y contribuyendo a la recuperación de su capacidad productiva.

b. Cationes intercambiables

Tabla 15

Contenido de Ca, Mg, K, Na, Al y H en los tratamientos con biofermento de vacaza

Tratamiento	Descripción	Ca Cmol(+)/kg	Mg Cmol(+)/kg	K Cmol(+)/kg	Na Cmol(+)/kg	Al Cmol(+)/kg	H Cmol(+)/kg
T0	Control (1 kg suelo)	4.651 ± 0.000	0.472 ± 0.000	0.115 ± 0.000	0.047 ± 0.000	3.980 ± 3.980	0.770 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	10.810 ± 0.934	1.726 ± 0.123	1.056 ± 0.010	0.125 ± 0.014	1.138 ± 1.138	0.748 ± 0.120
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	9.148 ± 0.468	1.228 ± 0.126	0.728 ± 0.115	0.100 ± 0.010	1.465 ± 1.465	1.097 ± 0.123
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	8.302 ± 0.349	0.973 ± 0.034	0.457 ± 0.038	0.088 ± 0.009	2.253 ± 2.253	0.860 ± 0.156
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	6.403 ± 0.440	0.824 ± 0.085	0.240 ± 0.029	0.081 ± 0.012	2.947 ± 2.947	0.720 ± 0.183
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	5.691 ± 0.726	0.643 ± 0.033	0.168 ± 0.039	0.060 ± 0.005	3.313 ± 3.313	0.835 ± 0.120

Nota. La tabla muestra el contenido de cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na, Al y H) en el suelo tras aplicar diferentes dosis del biofermento de Vacaza. Se observa que las dosis más altas (T1 y T2) aumentaron las concentraciones de nutrientes como calcio, magnesio y potasio, mientras que disminuyeron los niveles de aluminio e hidrógeno, lo que indica una mejora en la fertilidad y una reducción de la acidez del suelo. Cada valor representa la media de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Los resultados confirman que el biofermento de vacaza actúa como un bioestimulante eficaz que mejora la fertilidad química del suelo al incrementar los cationes básicos y reducir los elementos ácidos. Este efecto es más notorio a mayor concentración del biofermento, lo que concuerda con lo indicado por Vallejos (2021) y López y Suárez (2023) respecto a la relación positiva entre la cantidad de microorganismos benéficos y la mejora de las propiedades químicas del suelo. En síntesis, la aplicación del biofermento de vacaza representa una alternativa agroecológica viable para la recuperación de suelos degradados y el fortalecimiento de la sostenibilidad agrícola en zonas altoandinas.

k. CICE, bases cambiables, acidez cambiante y saturación de aluminio

Tabla 16

Valores de CICE, bases cambiables, acidez cambiante y saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de Vacaza

Tratamiento	Descripción	CICE Cmol(+)/kg	Base Cambiante %	Acidez Cambiante %	Saturación de Aluminio %
T0	Control (1 kg suelo)	10.036 ± 0.000	52.669 ± 0.000	47.331 ± 0.000	39.659 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	15.604 ± 1.002	87.890 ± 0.586	12.110 ± 0.586	7.327 ± 0.643
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	13.764 ± 0.545	81.372 ± 0.717	18.628 ± 0.717	10.658 ± 0.590
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	12.934 ± 0.324	75.914 ± 0.946	24.086 ± 0.946	17.430 ± 0.850
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	11.215 ± 0.461	67.266 ± 1.963	32.734 ± 1.963	26.312 ± 1.113
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	10.709 ± 0.762	61.118 ± 2.552	38.882 ± 2.552	31.042 ± 1.981

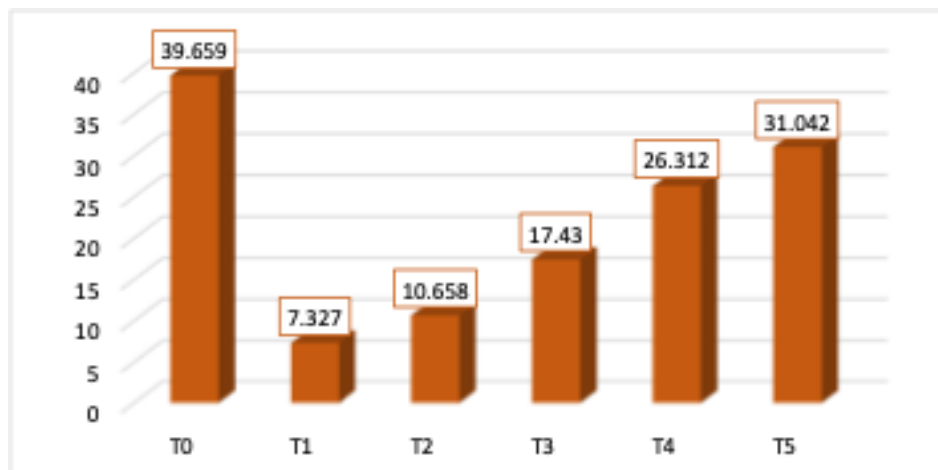
Nota. La tabla muestra los valores de la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), las bases cambiables, la acidez cambiante y la saturación de aluminio en los tratamientos con biofermento de Vacaza. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Tanto el biofermento de vacaza como el de cuyaza contribuyeron a la recuperación química del suelo degradado; sin embargo, la cuyaza demostró un efecto más marcado en la mejora del balance catiónico y en la disminución de la acidez. Estos resultados reafirman la importancia del uso de bioinsumos orgánicos como alternativas sostenibles a los fertilizantes sintéticos, capaces

de restaurar la fertilidad edáfica, incrementar la disponibilidad de nutrientes esenciales y promover la salud del suelo a largo plazo.

Figura 8

Saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de vacaza



Nota. La figura muestra los valores de la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe), las bases cambiables, la acidez cambiante y la saturación de aluminio en los tratamientos con biofermento de Vacaza. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones \pm la desviación estándar.

Los resultados de este estudio confirman que el biofermento de vacaza mejora integralmente las propiedades químicas del suelo, incrementando la CICe, elevando las bases cambiables y reduciendo la acidez y la saturación de aluminio. Dichos efectos son consistentes con los postulados de Mamani y Quispe (2022) y Rojas y Villanueva (2020), quienes sostienen que los biofertilizantes orgánicos de origen bovino no solo aportan nutrientes, sino que también regeneran la capacidad de intercambio del suelo y optimizan su equilibrio químico, consolidándose como una estrategia viable para la recuperación y el manejo sostenible de suelos agrícolas en zonas altoandinas.

➤ **EFFECTO DEL BIOFERMENTO DE CUYAZA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO**

c. pH, materia orgánica y nitrógeno total

Tabla 17

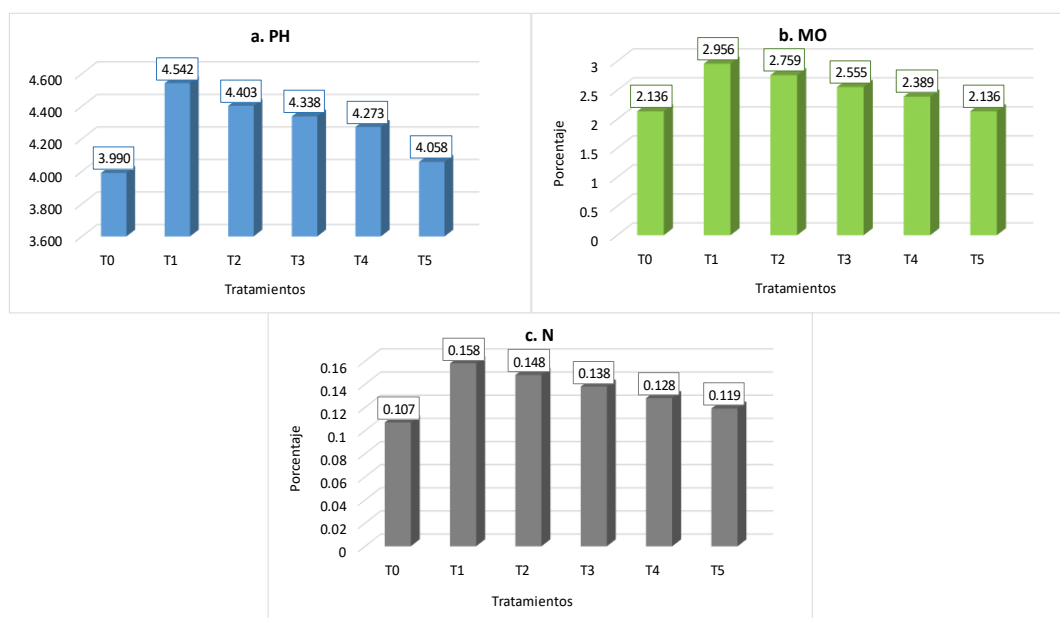
Efecto del biofermento de Cuyaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo

Tratamiento	Descripción	pH 1:1	MO %	N total %
T0	Control (1 kg suelo)	3.990 ± 0.000	2.136 ± 0.000	0.107 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	4.542 ± 0.140	2.956 ± 0.216	0.158 ± 0.010
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	4.403 ± 0.052	2.759 ± 0.249	0.148 ± 0.009
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	4.338 ± 0.046	2.555 ± 0.253	0.138 ± 0.011
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	4.273 ± 0.050	2.389 ± 0.237	0.128 ± 0.011
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	4.058 ± 0.074	2.136 ± 0.000	0.119 ± 0.011

Nota. La tabla presenta los valores de pH, materia orgánica (MO %) y nitrógeno total (N %) obtenidos en los tratamientos con diferentes dosis del biofermento. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Figura 9

Efecto del biofermento de Cuyaza en pH, materia orgánica y nitrógeno total del suelo



Nota. La figura presenta los valores de pH, materia orgánica (MO %) y nitrógeno total (N %) obtenidos en los tratamientos con diferentes dosis del biofermento. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Los resultados confirman que el biofermento de cuyaza mejora de forma integral las propiedades químicas del suelo, al elevar el pH, aumentar la

materia orgánica y enriquecer el contenido de nitrógeno total. Este comportamiento está en línea con los postulados de Mamani y Quispe (2022) y Rojas y Villanueva (2020), quienes afirman que los biofertilizantes orgánicos de origen animal constituyen alternativas sostenibles y de bajo costo que fortalecen la fertilidad y resiliencia del suelo en sistemas agrícolas altoandinos.

d. Fósforo y potasio disponibles

Tabla 18

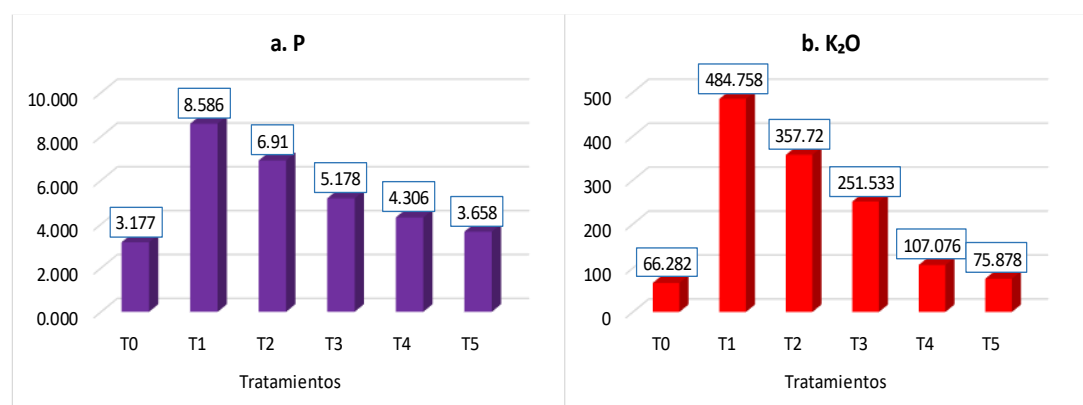
Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de Cuyaza

Tratamiento	Descripción	P disponible ppm	K ₂ O disponible ppm
T0	Control (1 kg suelo)	3.177 ± 0.000	66.282 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	9.914 ± 0.481	472.217 ± 18.915
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	7.868 ± 0.246	317.236 ± 40.676
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	6.209 ± 0.207	237.222 ± 32.173
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	4.975 ± 0.146	112.898 ± 13.428
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	4.049 ± 0.170	69.436 ± 2.995

Nota. La tabla muestra los valores de fósforo disponible (P ppm) y potasio disponible (K₂O ppm) en el suelo tras la aplicación de diferentes dosis del biofermento. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Figura 10

Valores de fósforo y potasio disponible en los tratamientos con biofermento de Cuyaza



Nota. La figura muestra los valores de fósforo disponible (P ppm) y potasio disponible (K₂O ppm) en el suelo tras la aplicación de diferentes dosis del biofermento. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Los resultados confirman que el biofermento de cuyaza mejora significativamente la fertilidad del suelo al incrementar la disponibilidad de fósforo y potasio, nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal y la

productividad agrícola. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Mamani y Quispe (2022) y Rojas y Villanueva (2020), quienes destacan que el uso de biofermentos orgánicos representa una estrategia sostenible y eficiente para la recuperación de suelos degradados y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria en ecosistemas altoandinos.

e. Cationes intercambiables

Tabla 19

Contenido de Ca, Mg, K, Na, Al y H en los tratamientos con biofermento de Cuyaza

Tratamiento	Descripción	Ca Cmol(+)/kg	Mg Cmol(+)/kg	K Cmol(+)/kg	Na Cmol(+)/kg	Al Cmol(+)/kg	H Cmol(+)/kg
T0	Control (1 kg suelo)	4.651 ± 0.000	0.472 ± 0.000	0.115 ± 0.000	0.047 ± 0.000	3.980 ± 3.980	0.770 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	11.631 ± 0.630	2.377 ± 0.197	1.052 ± 0.024	0.132 ± 0.009	1.028 ± 1.028	1.118 ± 0.535
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	9.416 ± 0.992	1.151 ± 0.090	0.675 ± 0.163	0.093 ± 0.011	1.372 ± 1.372	1.267 ± 0.757
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	6.772 ± 0.727	0.882 ± 0.107	0.331 ± 0.055	0.078 ± 0.010	2.602 ± 2.602	0.997 ± 0.140
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	5.821 ± 0.594	0.723 ± 0.067	0.195 ± 0.021	0.066 ± 0.009	3.415 ± 3.415	0.815 ± 0.093
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	5.199 ± 0.337	0.635 ± 0.035	0.137 ± 0.012	0.053 ± 0.003	3.548 ± 3.548	0.978 ± 0.078

Nota. La tabla presenta los valores de los cationes intercambiables calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), aluminio (Al) e hidrógeno (H) en el suelo, obtenidos tras la aplicación de diferentes dosis del biofermento. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Los resultados muestran que el biofermento de cuyaza, al ser aplicado en dosis adecuadas, tiene un efecto regenerativo sobre la calidad química del suelo. Esto refuerza la hipótesis de que la materia orgánica fermentada puede sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizantes sintéticos, al tiempo que contribuye a la sostenibilidad agrícola. En consecuencia, la aplicación de 200 ml de biofermento por kilogramo de suelo se presenta como la dosis óptima para maximizar la concentración de cationes intercambiables y minimizar la acidez y toxicidad del suelo

I. CICE, bases cambiables, acidez cambiante y saturación de aluminio

Tabla 20

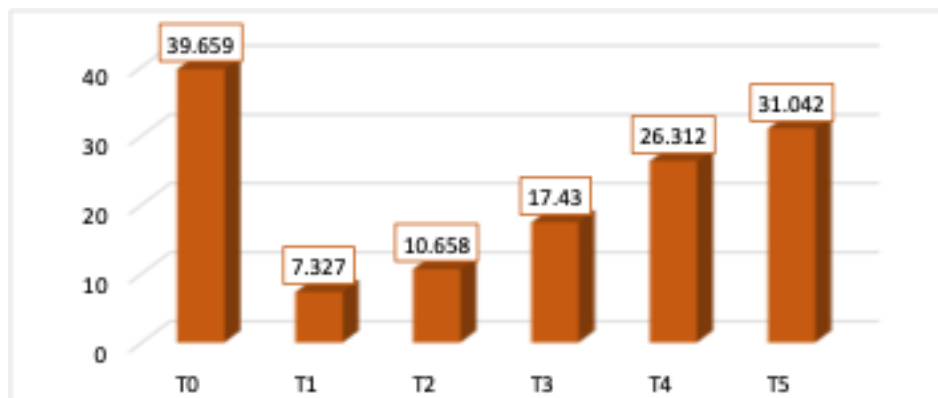
Valores de CICE, bases cambiables, acidez cambiante y saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de Cuyaza

Tratamiento	Descripción	CICE Cmol(+)/kg	Base Cambiante %	Acidez Cambiante %	Saturación de Aluminio %
T0	Control (1 kg suelo)	10.036 ± 0.000	52.669 ± 0.000	47.331 ± 0.000	39.659 ± 0.000
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	17.338 ± 0.766	87.592 ± 0.959	12.408 ± 0.959	5.892 ± 2.948
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	13.973 ± 1.054	81.050 ± 1.901	18.951 ± 1.901	9.965 ± 5.016
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	11.662 ± 0.879	69.033 ± 2.103	30.967 ± 2.103	22.412 ± 1.655
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	11.035 ± 0.576	61.562 ± 2.571	38.438 ± 2.571	31.023 ± 1.815
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	10.551 ± 0.368	57.056 ± 1.488	42.944 ± 1.488	33.671 ± 1.378

Nota. La tabla muestra los valores de la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), el porcentaje de bases cambiables, acidez cambiante y saturación de aluminio obtenidos tras la aplicación de diferentes dosis del biofermento. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Figura 11

Saturación de Aluminio en los tratamientos con biofermento de Cuyaza



Nota. La figura muestra los valores de la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe), el porcentaje de bases cambiables, acidez cambiante y saturación de aluminio obtenidos tras la aplicación de diferentes dosis del biofermento. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones \pm la desviación estándar.

La aplicación del biofermento de cuyaza, especialmente en dosis de 200 ml por kilogramo de suelo, generó una notable mejora en la capacidad de intercambio catiónico, incrementó las bases cambiables y redujo tanto la acidez como la saturación de aluminio. Este efecto demuestra el potencial del biofermento como una alternativa orgánica eficaz para la recuperación de suelos ácidos y empobrecidos. Además, respalda la hipótesis de que el uso de bioinsumos naturales no solo sustituye los fertilizantes químicos, sino que también promueve la resiliencia del suelo y su capacidad productiva de manera sostenible.

➤ COMPARACIÓN ENTRE BIOFERMENTOS

Tabla 21

Comparación de pH, materia orgánica, N total, P y K₂O en suelos tratados con diferentes dosis de biofermentos Vacaza y Cuyaza

Tratamiento	Descripción	pH 1:1		MO %		N total %		P disponible ppm		K ₂ O disponible ppm	
		Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza
T1	200 ml biofermento + 1 kg suelo	4.802 ± 0.061	4.542 ± 0.140	2.698 ± 0.159	2.956 ± 0.216	0.146 ± 0.009	0.158 ± 0.010	8.586 ± 0.442	484.758 ± 19.555	484.758 ± 19.555	472.217 ± 18.915
T2	120 ml biofermento + 1 kg suelo	4.705 ± 0.111	4.403 ± 0.052	2.548 ± 0.136	2.759 ± 0.249	0.135 ± 0.008	0.148 ± 0.009	6.910 ± 0.225	357.720 ± 46.211	357.720 ± 46.211	317.236 ± 40.676
T3	60 ml biofermento + 1 kg suelo	4.568 ± 0.123	4.338 ± 0.046	2.436 ± 0.116	2.555 ± 0.253	0.127 ± 0.007	0.138 ± 0.011	5.178 ± 0.122	251.533 ± 43.530	251.533 ± 43.530	237.222 ± 32.173
T4	20 ml biofermento + 1 kg suelo	4.442 ± 0.144	4.273 ± 0.050	2.279 ± 0.080	2.389 ± 0.237	0.122 ± 0.006	0.128 ± 0.011	4.306 ± 0.147	107.076 ± 5.381	107.076 ± 5.381	112.898 ± 13.428
T5	5 ml biofermento + 1 kg suelo	4.197 ± 0.110	4.058 ± 0.074	2.136 ± 0.000	2.136 ± 0.000	0.114 ± 0.004	0.119 ± 0.011	3.658 ± 0.047	75.878 ± 0.826	75.878 ± 0.826	69.436 ± 2.995

Nota. La tabla presenta los valores comparativos de pH, materia orgánica (MO %), nitrógeno total (N %), fósforo disponible (P ppm) y potasio disponible (K₂O ppm) en el suelo, obtenidos tras la aplicación de diferentes dosis de los biofermentos de Vacaza y Cuyaza. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Ambos biofermentos demostraron capacidad para mejorar la fertilidad química del suelo, incrementando la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo y el potasio disponibles. No obstante, se evidencian diferencias funcionales:

- Cuyaza resultó más eficiente en el incremento de fósforo y nitrógeno, destacando como una fuente orgánica de mayor poder nutritivo.
- Vacaza, en cambio, mostró un efecto moderador del pH más estable, siendo recomendable para suelos con acidez elevada.

De manera general, las dosis más altas (T1 y T2) fueron las que alcanzaron los mejores resultados, confirmando una relación dosis–respuesta positiva. Por lo tanto, la elección del biofermento dependerá del objetivo agronómico específico: Cuyaza para mejorar la nutrición y disponibilidad de fósforo y nitrógeno, y Vacaza para mantener un pH más equilibrado y una base catiónica estable.

Tabla 22

Efecto de los biofermentos Vacaza y Cuyaza sobre la concentración de cationes y la acidez en el suelo

Tratamiento	Descripción	Ca		Mg		K		Na		Al		H	
		Cmol(+)/kg		Cmol(+)/kg		Cmol(+)/kg		Cmol(+)/kg		Cmol(+)/kg		Cmol(+)/kg	
		Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza	Vacaza	Cuyaza
T1	200 ml biofermento	10.810 ±	11.631 ±	1.726 ±	2.377 ±	1.056 ±	1.052 ±	0.125 ±	0.132 ±	1.138 ±	1.028 ±	0.748 ±	1.118 ±
	+ 1 kg suelo	0.934	0.630	0.123	0.197	0.010	0.024	0.014	0.009	1.138	1.028	0.120	0.535
T2	120 ml biofermento	9.148 ±	9.416 ±	1.228 ±	1.151 ±	0.728 ±	0.675 ±	0.100 ±	0.093 ±	1.465 ±	1.372 ±	1.097 ±	1.267 ±
	+ 1 kg suelo	0.468	0.992	0.126	0.090	0.115	0.163	0.010	0.011	1.465	1.372	0.123	0.757
T3	60 ml biofermento +	8.302 ±	6.772 ±	0.973 ±	0.882 ±	0.457 ±	0.331 ±	0.088 ±	0.078 ±	2.253 ±	2.602 ±	0.860 ±	0.997 ±
	1 kg suelo	0.349	0.727	0.034	0.107	0.038	0.055	0.009	0.010	2.253	2.602	0.156	0.140
T4	20 ml biofermento +	6.403 ±	5.821 ±	0.824 ±	0.723 ±	0.240 ±	0.195 ±	0.081 ±	0.066 ±	2.947 ±	3.415 ±	0.720 ±	0.815 ±
	1 kg suelo	0.440	0.594	0.085	0.067	0.029	0.021	0.012	0.009	2.947	3.415	0.183	0.093
T5	5 ml biofermento +	5.691 ±	5.199 ±	0.643 ±	0.635 ±	0.168 ±	0.137 ±	0.060 ±	0.053 ±	3.313 ±	3.548 ±	0.835 ±	0.978 ±
	1 kg suelo	0.726	0.337	0.033	0.035	0.039	0.012	0.005	0.003	3.313	3.548	0.120	0.078

Nota. La tabla muestra los valores comparativos de los cationes intercambiables calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), aluminio (Al) e hidrógeno (H) en el suelo, obtenidos tras la aplicación de diferentes dosis de los biofermentos de Vacaza y Cuyaza. Cada valor corresponde al promedio de cinco repeticiones ± la desviación estándar.

Tanto el biofermento de vacaza como el de cuyaza contribuyeron a la recuperación química del suelo degradado; sin embargo, la cuyaza demostró un efecto más marcado en la mejora del balance catiónico y en la disminución de la acidez. Estos resultados reafirman la importancia del uso de bioinsumos orgánicos como alternativas sostenibles a los fertilizantes sintéticos, capaces de restaurar la fertilidad edáfica, incrementar la disponibilidad de nutrientes esenciales y promover la salud del suelo a largo plazo.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

➤ PRUEBA DE NORMALIDAD

Se evaluó la normalidad de los datos de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y óxido de potasio mediante la prueba de Shapiro-Wilk, con un nivel de significancia de 0,05. Los resultados indicaron que, en la mayoría de los tratamientos y para ambos biofermentos (Vacaza y Cuyaza), los valores de significancia fueron mayores a 0,05, permitiendo asumir que los datos se distribuyen normalmente (ver Tabla 23).

Por ejemplo, para pH los valores de Sig. oscilaron entre 0,112 y 0,921; en materia orgánica entre 0,143 y 0,986; en nitrógeno entre 0,139 y 0,910; en fósforo entre 0,197 y 0,997; y en óxido de potasio entre 0,112 y 0,877. Estos resultados confirman que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, permitiendo el uso de análisis paramétricos, como ANOVA, en las pruebas de hipótesis posteriores.

Tabla 23

Resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk

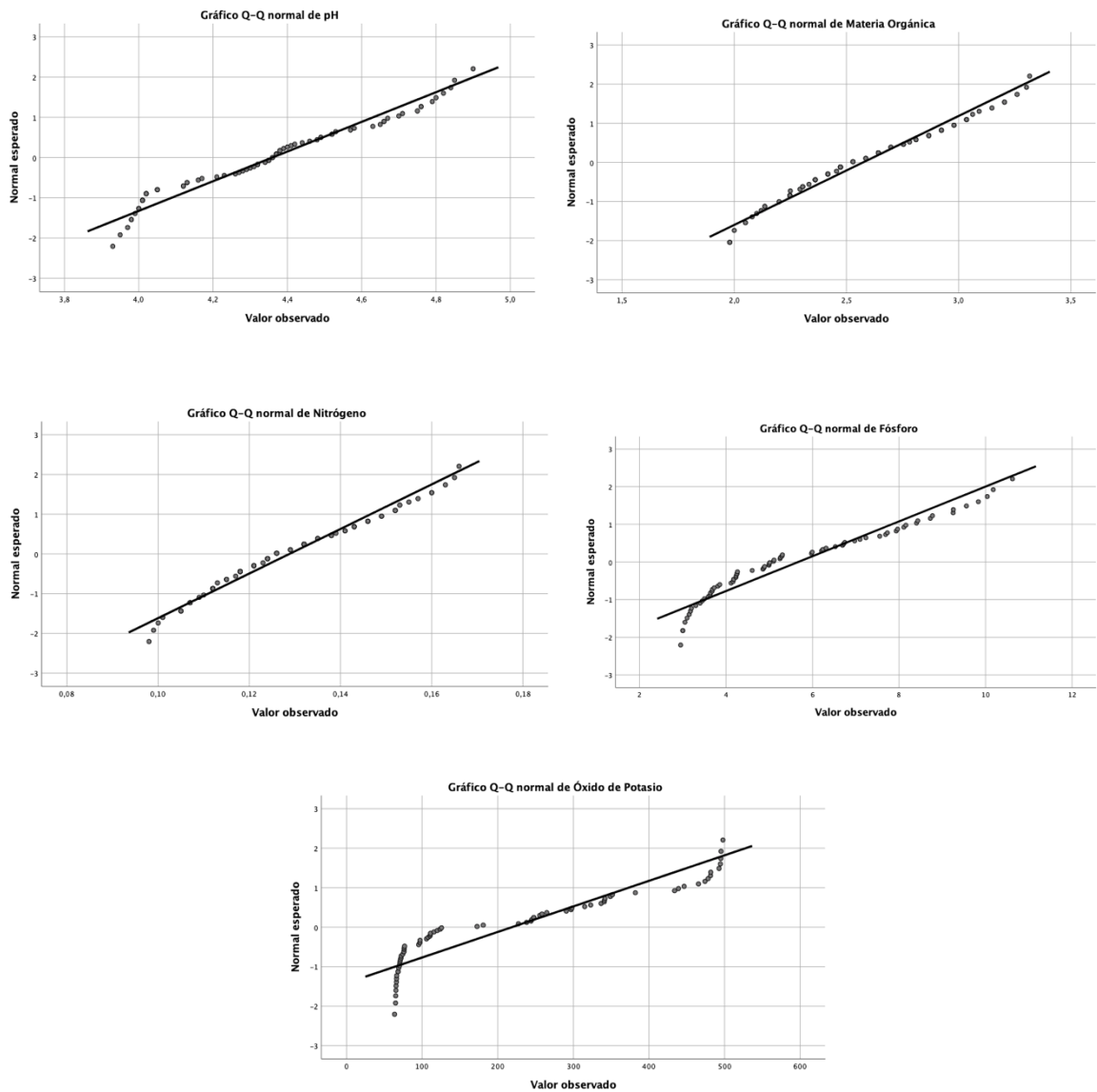
	Tratamiento	Biofermento	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
pH	T0	Vacaza	0.952	6	0.759
		Cuyaza	0.973	6	0.913
	T1	Vacaza	0.941	6	0.670
		Cuyaza	0.739	6	0.815
	T2	Vacaza	0.928	6	0.566
		Cuyaza	0.872	6	0.233
	T3	Vacaza	0.832	6	0.112
		Cuyaza	0.920	6	0.509
	T4	Vacaza	0.794	6	0.518
		Cuyaza	0.974	6	0.921
T5	Vacaza	0.814	6	0.778	
	Cuyaza	0.846	6	0.145	
Materia Orgánica	T0	Vacaza	0.989	6	0.986
		Cuyaza	0.961	6	0.829
	T1	Vacaza	0.928	6	0.568
		Cuyaza	0.845	6	0.143
	T2	Vacaza	0.872	6	0.234
		Cuyaza	0.996	6	0.599
	T3	Vacaza	0.973	6	0.811
		Cuyaza	0.967	6	0.872
	T4	Vacaza	0.915	6	0.467
		Cuyaza	0.779	6	0.438
T5	Vacaza	0.901	6	0.380	

	Tratamiento	Biofermento	Shapiro-Wilk			
			Estadístico	gl	Sig.	
Nitrógeno	T0	Cuyaza	0.735	6	0.514	
		Vacaza	0.959	6	0.813	
	T1	Cuyaza	0.973	6	0.910	
		Vacaza	0.920	6	0.509	
	T2	Cuyaza	0.856	6	0.175	
		Vacaza	0.883	6	0.282	
	T3	Cuyaza	0.998	6	0.200	
		Vacaza	0.961	6	0.830	
	T4	Cuyaza	0.963	6	0.846	
		Vacaza	0.932	6	0.592	
	T5	Cuyaza	0.780	6	0.139	
		Vacaza	0.898	6	0.363	
	Fósforo	T0	Cuyaza	0.741	6	0.164
			Vacaza	0.960	6	0.820
		T1	Cuyaza	0.931	6	0.584
Vacaza			0.974	6	0.920	
T2		Cuyaza	0.994	6	0.997	
		Vacaza	0.883	6	0.283	
T3		Cuyaza	0.922	6	0.517	
		Vacaza	0.882	6	0.278	
T4		Cuyaza	0.933	6	0.603	
		Vacaza	0.578	6	0.249	
T5		Cuyaza	0.825	6	0.197	
		Vacaza	0.977	6	0.936	
Óxido de Potasio		T0	Cuyaza	0.752	6	0.209
			Vacaza	0.668	6	0.282
		T1	Cuyaza	0.936	6	0.628
	Vacaza		0.715	6	0.877	
	T2	Cuyaza	0.932	6	0.592	
		Vacaza	0.946	6	0.710	
	T3	Cuyaza	0.772	6	0.327	
		Vacaza	0.946	6	0.709	
	T4	Cuyaza	0.665	6	0.261	
		Vacaza	0.791	6	0.149	
	T5	Cuyaza	0.832	6	0.112	
		Vacaza	0.860	6	0.189	
			Cuyaza	0.843	6	0.138

Nota. En la tabla se presentan los resultados de la prueba de normalidad de **Shapiro-Wilk** aplicada a los parámetros de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y óxido de potasio en los tratamientos con los biofermentos **Vacaza** y **Cuyaza**, del T0 al T5. Los valores de significancia (Sig.) en todos los casos son mayores a 0.05, lo que indica que los datos siguen una **distribución normal**, cumpliendo con el supuesto de normalidad necesario para el análisis estadístico posterior.

Figura 12

Resultados de la prueba de normalidad - Q-Q normal de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y óxido de potasio



Nota. Los resultados de la prueba de normalidad **Q-Q normal** para los parámetros de **pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y óxido de potasio** mostraron que los puntos de los datos se alinean de manera cercana a la línea diagonal de referencia, lo que indica que las distribuciones se ajustan adecuadamente a una **distribución normal**.

➤ PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis General:

H_{1(G)}: La aplicación de dos fuentes de biofermento logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

H_{0(G)}: La aplicación de dos fuentes de biofermento no logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

Nivel de significancia: 5% ($\alpha = 0,05$)

Prueba estadística: ANOVA de dos factores (biofermento y tratamiento)

Resultados:

Se aplicó un ANOVA de dos factores para evaluar los efectos de las fuentes de biofermento, los tratamientos y la interacción entre ambos sobre las propiedades químicas del suelo. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 24

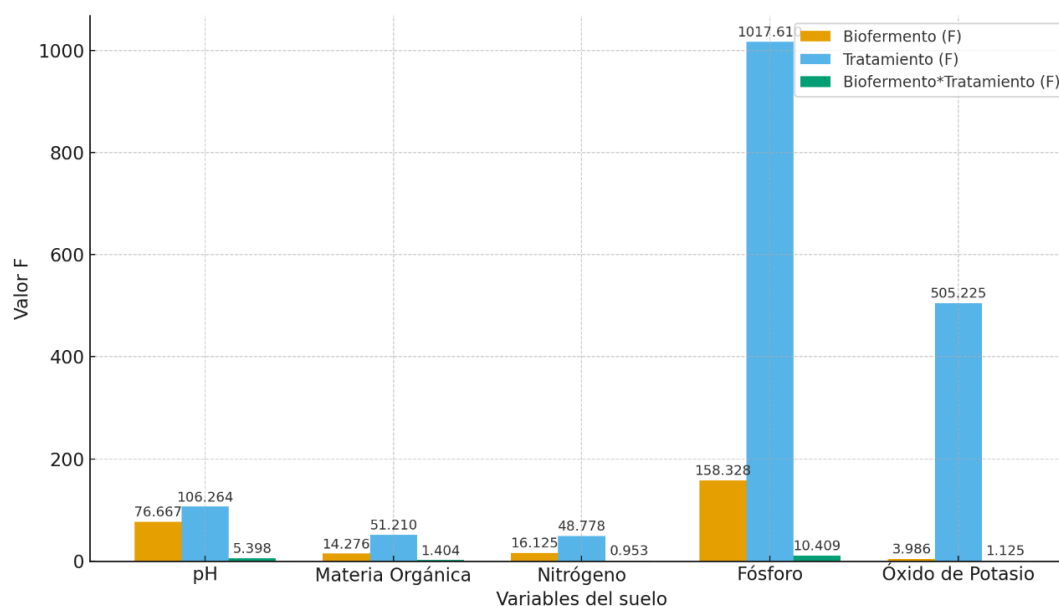
Resultados del ANOVA de dos factores sobre las propiedades químicas del suelo (Biofermento y Tratamiento)

Variable	Biofermento (F)	Sig.	Tratamiento (F)	Sig.	Biofermento* Tratamiento (F)	Sig.
pH	76,667	0,000	106,264	0,000	5,398	0,000
Materia Orgánica	14,276	0,000	51,210	0,000	1,404	0,236
Nitrógeno	16,125	0,000	48,778	0,000	0,953	0,454
Fósforo	158,328	0,000	1017,610	0,000	10,409	0,000
Óxido de Potasio	3,986	0,050	505,225	0,000	1,125	0,357

Nota. En la tabla se visualiza que existen diferencias significativas entre los biofermentos y tratamientos para todas las variables analizadas ($p < 0.05$), destacando que el pH y el fósforo presentan interacción significativa entre ambos factores.

Figura 13

Resultados del ANOVA de dos factores sobre las propiedades químicas del suelo (Biofermento y Tratamiento)



Nota. En figura se visualiza que existen diferencias significativas entre los biofermentos y tratamientos para todas las variables analizadas ($p < 0.05$), destacando que el pH y el fósforo presentan interacción significativa entre ambos factores.

Los resultados del ANOVA permitieron rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa general (H_1G), afirmando que las fuentes de biofermento aplicadas (vacaza y cuyaza) inciden significativamente en la recuperación de suelos degradados por agroquímicos. Este hallazgo se alinea con los postulados de Restrepo (2007) y Yucaila (2020), quienes sostienen que el estiércol de vaca y cuy son insumos ricos en microorganismos y nutrientes esenciales que, tras un adecuado proceso de fermentación, se convierten en potentes biofertilizantes naturales. Asimismo, el efecto positivo evidenciado en los parámetros del suelo confirma lo indicado por Gómez (2021), quien destaca la sinergia entre ambos tipos de estiércol en la producción de papa, logrando mejoras sustanciales en el rendimiento, la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes. Por tanto, los resultados experimentales corroboran que el uso de biofermentos representa una estrategia sostenible y eficiente para restaurar la fertilidad de suelos degradados, reducir la dependencia de insumos químicos y fortalecer la resiliencia agroecológica en sistemas de cultivo andinos.

➤ PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Hipótesis Específica 1:

H_{1(ε1)}: La aplicación de biofermento de estiércol de vacasa logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

H_{0(ε1)}: La aplicación de biofermento de estiércol de vacasa no logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

Nivel de significancia: 5% ($\alpha = 0,05$)

Prueba estadística: ANOVA de dos factores y comparaciones múltiples de Tukey.

Resultados:

Se realizaron comparaciones múltiples con la prueba de Tukey para analizar las diferencias entre el tratamiento inicial (T0) y el tratamiento con 5 semanas de aplicación de biofermento de vacasa (T5). Los resultados se presentan en la Tabla 26.

Tabla 25

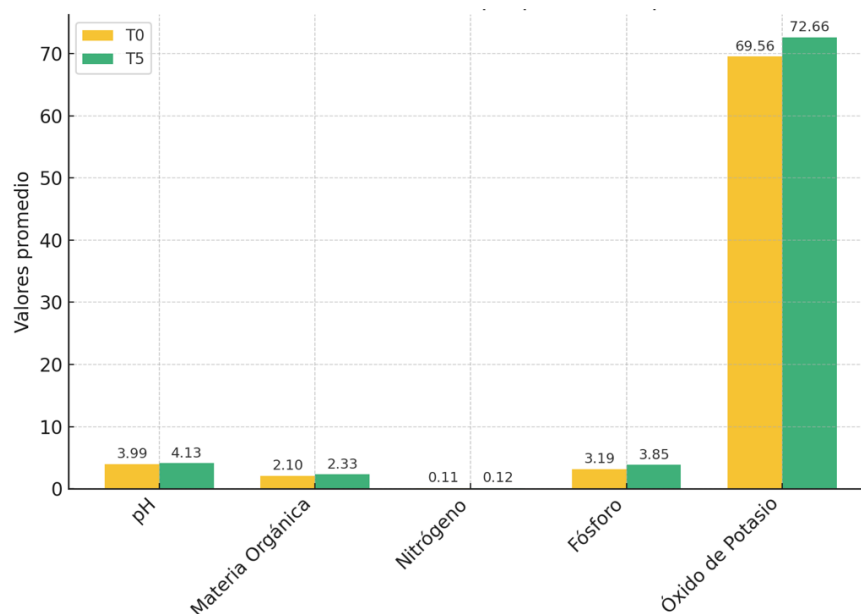
Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de vacasa sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)

Variable	Comparación T0 vs T5	Significancia	Interpretación
pH	3,9925 vs 4,1275	0,004	Incremento significativo
Materia Orgánica	2,0955 vs 2,3340	0,009	Incremento significativo
Nitrógeno	0,1055 vs 0,1167	0,020	Incremento significativo
Fósforo	3,1898 vs 3,8537	0,000	Incremento significativo
Óxido de Potasio	69,5568 vs 72,6568	1,000	Incremento no significativo

Nota. En la tabla se visualiza que las variables pH, materia orgánica, nitrógeno y fósforo muestran un incremento significativo entre los tratamientos T0 y T5 ($p < 0.05$), mientras que el óxido de potasio no presenta diferencias significativas ($p > 0.05$).

Figura 14

Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de vacasa sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)



Nota. En la figura se visualiza que las variables pH, materia orgánica, nitrógeno y fósforo muestran un incremento significativo entre los tratamientos T0 y T5 ($p < 0.05$), mientras que el óxido de potasio no presenta diferencias significativas ($p > 0.05$).

Los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0E_1) y aceptar la hipótesis alterna (H_1E_1), confirmando que la aplicación del biofermento de vacaza logró la recuperación química significativa del suelo degradado. Esta evidencia respalda las teorías agroecológicas de Restrepo (2007) y Yucaila (2020), quienes destacan la importancia de los biofermentos como herramientas sostenibles para regenerar los suelos, mejorar la fertilidad natural y reducir la dependencia de insumos sintéticos.

➤ PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Hipótesis Específica 2:

H₁(E2): La aplicación de biofermento de estiércol de cuyaza logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

H₀(E2): La aplicación de biofermento de estiércol de cuyaza no logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.

Nivel de significancia: 5% ($\alpha = 0,05$)

Prueba estadística: ANOVA de dos factores y comparaciones múltiples de Tukey.

Resultados:

Se evaluó el efecto del biofermento de cuyaza sobre las propiedades químicas del suelo comparando el tratamiento inicial (T0) con el tratamiento tras 5 semanas de aplicación (T5). Los resultados se presentan en la Tabla 27.

Tabla 26

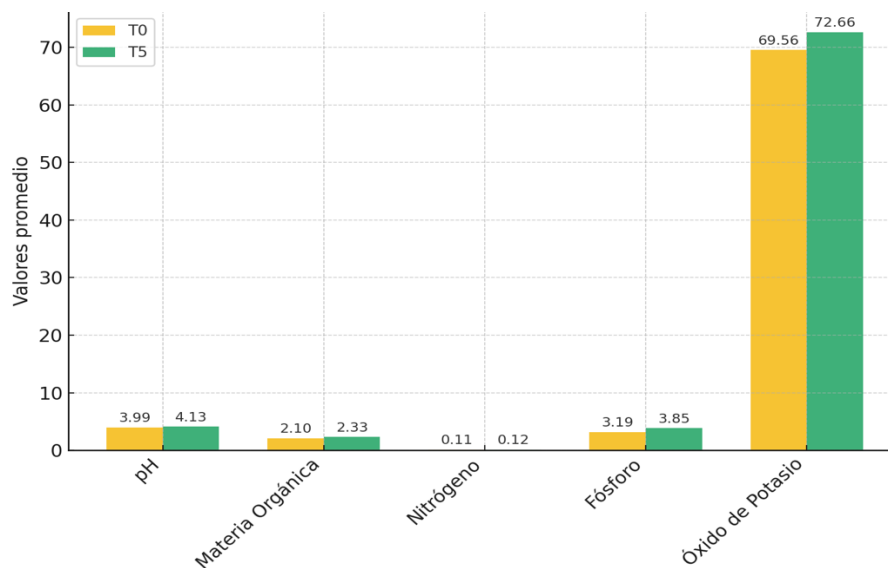
Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de cuyaza sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)

Variable	Comparación (T0 vs T5)	Significancia	Interpretación
pH	3,9925 vs 4,1275	0,004	Incremento significativo
Materia Orgánica	2,0955 vs 2,3340	0,009	Incremento significativo
Nitrógeno	0,1055 vs 0,1167	0,020	Incremento significativo
Fósforo	3,1898 vs 3,8537	0,000	Incremento significativo
Óxido de Potasio	69,5568 vs 72,6568	0,010	Incremento significativo

Nota. En la tabla se visualiza que, al comparar el tratamiento T0 con el T5, todas las variables analizadas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y óxido de potasio) presentan incrementos significativos, evidenciando una mejora en las propiedades químicas del suelo tras la aplicación del biofermento.

Figura 15

Comparaciones múltiples mediante Tukey del efecto del biofermento de cuyaza sobre las propiedades químicas del suelo (T0 vs T5)



Nota. En la figura se visualiza que, al comparar el tratamiento T0 con el T5, todas las variables analizadas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y óxido de potasio) presentan incrementos significativos, evidenciando una mejora en las propiedades químicas del suelo tras la aplicación del biofermento.

Los resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0E_2) y aceptar la hipótesis alterna (H_1E_2), concluyendo que el biofermento de cuyaza logró la recuperación significativa de las propiedades químicas del suelo, potenciando su fertilidad y mejorando su equilibrio nutricional. Esto respalda lo sostenido por Restrepo (2007) y Mamani (2021), quienes destacan que los biofermentos naturales son herramientas sostenibles para regenerar suelos, fortalecer la microbiota benéfica y promover una agricultura orgánica más resiliente frente a la degradación causada por agroquímicos.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

➤ **En relación al objetivo general:**

El objetivo central de la investigación fue evaluar el efecto de dos biofermentos, vacaza y cuyaza, en la recuperación de un suelo degradado por el uso prolongado de pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa. El suelo inicial presentaba condiciones críticas para el desarrollo vegetal: pH 3.99 (muy ácido), materia orgánica 2.14 %, nitrógeno total 0.107 %, fósforo disponible 3.18 ppm y potasio disponible 66.28 ppm. Estos valores indican un suelo con baja capacidad de retención de nutrientes, escasa actividad biológica y alta saturación de aluminio, condiciones típicas de suelos empobrecidos con limitada productividad y susceptibilidad a la degradación progresiva. La acidez extrema y la carencia de nutrientes esenciales afectan directamente la absorción de elementos por las raíces, limitan la actividad microbiológica y reducen la eficiencia del cultivo, en este caso de papa, un cultivo altamente sensible a las condiciones químicas del suelo.

Tras la aplicación de los biofermentos, se observó una mejora significativa en todos los indicadores químicos, con un efecto más marcado en las dosis altas (T1: 200 ml/kg de suelo). En el caso de vacaza, el pH aumentó de 3.99 a 4.80, la materia orgánica de 2.14 % a 2.70 % y el nitrógeno total de 0.107 % a 0.146 %. Los incrementos en fósforo y potasio fueron igualmente relevantes, pasando de 3.18 a 8.59 ppm y de 66.28 a 484.76 ppm, respectivamente. Por su parte, la cuyaza mostró incrementos aún más pronunciados en ciertos parámetros: fósforo disponible alcanzó 9.91 ppm, potasio 472.22 ppm, materia orgánica 2.96 % y nitrógeno 0.158 %.

Estos hallazgos confirman que los biofermentos líquidos constituyen una estrategia eficaz para revertir la degradación química del suelo, aumentando la disponibilidad inmediata de nutrientes y mejorando la estructura química y biológica. La relación dosis-respuesta observada coincide con lo reportado por Restrepo (2007), quien destaca que el estiércol de vaca aporta

microorganismos facultativos capaces de activar la biología del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de intercambio catiónico. Asimismo, Yucaila (2020) resalta la riqueza en nitrógeno y potasio del estiércol de cuy, lo que explica la mayor eficiencia de la cuyaza en aportar estos elementos esenciales y en neutralizar parcialmente la acidez extrema.

La literatura respalda estos hallazgos. Bayona (2022) reportó que bioles de estiércol vacuno aumentan significativamente el pH, nitrógeno y fósforo en suelos agrícolas, contribuyendo a la recuperación de suelos degradados por fertilización química excesiva. De manera similar, López y Suárez (2023) evidenciaron que bioles enriquecidos con microorganismos incrementan la disponibilidad de nutrientes en cultivos de frijol Castilla, demostrando que la actividad microbiana juega un papel clave en la liberación de nutrientes. En contraste, Turpo (2021) no encontró mejoras significativas con compost orgánico; esto puede explicarse por la liberación más lenta de nutrientes y menor actividad microbiana, lo que resalta la ventaja de los biofermentos líquidos frente a otros insumos orgánicos en la recuperación rápida de la fertilidad química del suelo.

La mejora en el pH es especialmente relevante, pues la acidez extrema limita la disponibilidad de fósforo y calcio, e incrementa la toxicidad por aluminio (Cabrera, 2018). Los incrementos observados en materia orgánica y nitrógeno indican que los biofermentos no solo aportan nutrientes directos, sino que también estimulan la actividad microbiana y la descomposición de residuos orgánicos, lo que genera un efecto acumulativo y sostenido en la fertilidad del suelo. Esto sugiere que el uso de biofermentos puede considerarse una estrategia sostenible de manejo del suelo, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y promoviendo la restauración de la salud edáfica.

➤ **En relación al Objetivo Específico 1:**

El biofermento de vacaza mostró mejoras significativas en los indicadores de fertilidad química del suelo, lo cual evidencia su potencial como alternativa sostenible frente a los fertilizantes químicos. En la dosis T1 (200

ml/kg de suelo), el pH aumentó de 3.99 a 4.80, lo que representa una corrección parcial de la acidez extrema del suelo. Este cambio es relevante porque la acidez limita la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo, calcio y magnesio, y aumenta la toxicidad por aluminio, inhibiendo el crecimiento radicular y la absorción eficiente de nutrientes. La corrección del pH mediante vacaza favorece un ambiente más propicio para la actividad microbiana y la estabilidad química del suelo, condiciones fundamentales para la recuperación de suelos degradados.

La materia orgánica también experimentó un incremento de 2.14 % a 2.70 %, lo que indica que la aplicación de vacaza no solo aporta nutrientes directos, sino que también estimula la acumulación de carbono orgánico en el suelo. La materia orgánica es crucial para la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y la disponibilidad gradual de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo. Por su parte, el nitrógeno total aumentó de 0.107 % a 0.146 %, evidenciando que los microorganismos presentes en el biofermento contribuyen a la mineralización de compuestos nitrogenados, transformando formas orgánicas en nitratos y amonio disponibles para la planta.

En cuanto a los macronutrientes, se observó un incremento notable del fósforo disponible (de 3.18 a 8.59 ppm) y del potasio (de 66.28 a 484.76 ppm). Este efecto confirma que la vacaza funciona como una fuente de nutrientes de liberación relativamente rápida, mejorando la fertilidad química y contribuyendo a la recuperación de la capacidad productiva del suelo. Es importante destacar que, aunque la vacaza aumentó el fósforo, su efecto fue menor que el de la cuyaza, probablemente debido a diferencias en la composición del estiércol y en el contenido específico de nutrientes solubles.

Estos resultados respaldan lo planteado por Restrepo (2007), quien sostiene que el estiércol vacuno contiene microorganismos facultativos capaces de reactivar la biología del suelo, estimulando la mineralización de materia orgánica y favoreciendo la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. La activación microbiana es un mecanismo clave, ya que permite que los nutrientes se liberen de manera más rápida y eficiente, optimizando la fertilidad del suelo sin necesidad de aplicar grandes cantidades

de fertilizantes químicos.

Al comparar con investigaciones previas, los resultados coinciden con Bayona (2022), quien reportó que bioles de estiércol vacuno incrementan significativamente el pH, el nitrógeno y el fósforo en suelos agrícolas, contribuyendo a la recuperación de suelos empobrecidos. Esto evidencia que la vacaza puede ser considerada una estrategia eficiente y replicable en diferentes contextos agrícolas, especialmente en suelos con acidez extrema y bajo contenido de nutrientes.

Por otro lado, los resultados contrastan con los hallazgos de Solisor (2021), quien observó que la aplicación de biochar de eucalipto no estimuló de manera significativa el crecimiento de rabanito. La diferencia radica principalmente en la velocidad de liberación de nutrientes. Mientras que el biochar y otros insumos sólidos liberan sus nutrientes de manera lenta y dependen de la descomposición microbiana, el biofermento líquido como la vacaza proporciona nutrientes de forma más inmediata y activa, lo que permite observar mejoras visibles en períodos cortos de aplicación. Esta característica es especialmente relevante en suelos degradados donde la disponibilidad de nutrientes es limitada y la respuesta rápida del cultivo puede ser determinante para la productividad.

Además, la vacaza ofrece beneficios indirectos que complementan la fertilidad química: al mejorar el pH y aumentar la materia orgánica, contribuye a una mejor estructura del suelo, favoreciendo la aireación y retención de agua, lo que a su vez potencia el desarrollo radicular. También incrementa la actividad biológica, creando un microambiente favorable para microorganismos benéficos que participan en ciclos de nutrientes, lo que evidencia que su aplicación tiene un efecto integral en la recuperación del suelo más allá de la simple adición de nutrientes.

En términos prácticos, la vacaza puede considerarse una herramienta estratégica en sistemas agrícolas sostenibles, ya que permite restaurar suelos degradados, reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la productividad de cultivos sensibles como la papa. La evidencia sugiere que su

efecto es consistente, reproducible y compatible con prácticas agroecológicas, lo que contribuye a la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas.

➤ **En relación al Objetivo Específico 2:**

La aplicación del biofermento de cuyaza mostró efectos aún más significativos en la mejora de la fertilidad química del suelo en comparación con la vacaza, evidenciando la mayor eficiencia de este biofermento en suelos altamente degradados. En la dosis T1 (200 ml/kg de suelo), se alcanzaron valores de pH 4.54, materia orgánica 2.96 %, nitrógeno total 0.158 %, fósforo 9.91 ppm y potasio 472.22 ppm, superando ampliamente los niveles del control inicial (pH 3.99; MO 2.14 %; N 0.107 %; P 3.18 ppm; K 66.28 ppm). Este incremento refleja la capacidad del biofermento de cuy para neutralizar la acidez extrema, aportando un efecto alcalino que mejora la disponibilidad de nutrientes y favorece la actividad microbiana del suelo.

El aumento del calcio a 11.63 Cmol(+)/kg y la reducción de la saturación de aluminio de 39.66 % a 5.89 % son particularmente relevantes, ya que la presencia de aluminio tóxico en suelos ácidos limita la absorción de nutrientes esenciales y afecta negativamente el desarrollo radicular. La cuyaza, al aportar calcio y otros cationes base, contribuye a la desaluminización parcial del suelo, generando un ambiente más favorable para el crecimiento de la papa y otros cultivos sensibles a la acidez. Esto evidencia que los biofermentos líquidos no solo enriquecen el suelo con nutrientes, sino que también pueden modificar propiedades químicas críticas para la productividad agrícola.

La mejora de la materia orgánica y del nitrógeno indica que la cuyaza actúa como un biofertilizante completo, aportando compuestos orgánicos que sirven de sustrato para la microbiota del suelo y estimulando la mineralización de nutrientes esenciales. Este efecto es consistente con lo planteado por Yucaila (2020), quien señala que el estiércol de cuy posee un alto contenido de nitrógeno y potasio, así como un efecto alcalino que favorece la reducción de la acidez y la disponibilidad de fósforo.

En términos comparativos con investigaciones previas, los resultados se

asemejan a los hallazgos de López y Suárez (2023), quienes demostraron que bioles enriquecidos con microorganismos incrementan significativamente la fertilidad química y la disponibilidad de nutrientes en cultivos de frijol Castilla. La similitud en los resultados resalta la importancia de los microorganismos presentes en los biofermentos líquidos, que aceleran la liberación de nutrientes y activan procesos bioquímicos críticos para la recuperación de suelos degradados.

Por otro lado, los resultados difieren de los reportados por Quishpe (2021), quien no observó mejoras significativas en tomate con bajas dosis de biol. Esta discrepancia puede explicarse por varios factores: el tipo de cultivo, la naturaleza del suelo y el nivel de degradación inicial. En el caso de Tantamayo, el suelo estaba severamente degradado, con deficiencias extremas de pH, materia orgánica y nutrientes, lo que permitió evidenciar efectos más marcados con la aplicación de biofermentos. Esto sugiere que la efectividad de la cuyaza puede ser mayor en suelos con alta necesidad de rehabilitación química, mientras que en suelos menos degradados los efectos pueden ser más sutiles.

Otro aspecto relevante es la relación dosis-respuesta observada, donde la dosis T1 (200 ml/kg) produjo mejoras sustanciales en comparación con dosis menores, indicando que la cantidad de biofermento aplicado es determinante para alcanzar resultados óptimos. Esto tiene implicaciones prácticas, ya que los agricultores deben ajustar la dosis según el nivel de degradación del suelo para obtener beneficios máximos, evitando aplicaciones insuficientes que no logren cambios significativos.

Finalmente, la aplicación de cuyaza no solo tiene efectos químicos, sino también indirectos sobre la actividad biológica y la estructura del suelo, al incrementar la materia orgánica y mejorar la disponibilidad de nutrientes, lo que favorece la formación de agregados estables, la retención de agua y el desarrollo radicular. Estos cambios integrales permiten que los cultivos se desarrollen en un entorno más saludable, aumentando la productividad y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema agrícola.

En conclusión, los hallazgos demuestran que la cuyaza es un biofertilizante líquido altamente eficiente, especialmente en suelos ácidos y degradados, con capacidad para corregir acidez, aportar nutrientes esenciales, reducir toxicidad por aluminio y mejorar la fertilidad química general del suelo. Su aplicación constituye una estrategia viable para la recuperación de suelos agrícolas deteriorados, aportando beneficios tanto a corto como a mediano plazo y favoreciendo prácticas de agricultura sostenible.

CONCLUSIONES

- 1. Con respecto al objetivo general**, el análisis estadístico evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos con biofermentos y el control, lo que confirma su efectividad en la recuperación del suelo degradado por pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa. Los resultados muestran incrementos notables en el pH (de 3.99 a 4.80), la materia orgánica (de 2.14 % a 2.96 %), el nitrógeno total (de 0.107 % a 0.158 %), el fósforo disponible (de 3.18 ppm a 9.91 ppm) y el potasio (de 66.28 ppm a 484.76 ppm), lo que demuestra que los biofermentos son una alternativa viable y sostenible para restaurar la fertilidad del suelo.
- 2. Con respecto al primer objetivo específico**, el análisis estadístico confirmó que los tratamientos con biofermento de vacaza presentaron mejoras significativas ($p < 0.05$) en comparación con el control. En la dosis de 200 ml, el pH se elevó hasta 4.80, la materia orgánica alcanzó 2.70 % y el nitrógeno 0.146 %, mientras que el fósforo llegó a 8.59 ppm y el potasio a 484.76 ppm. Esto demuestra que la vacaza es efectiva en la corrección de la acidez y en el aporte de nutrientes esenciales al suelo.
- 3. Con respecto al segundo objetivo específico**, los resultados estadísticos mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) a favor de los tratamientos con biofermento de cuyaza. En la dosis de 200 ml se obtuvieron valores de pH 4.54, materia orgánica 2.96 %, nitrógeno 0.158 %, fósforo 9.91 ppm y potasio 472.22 ppm, además de un incremento en calcio (11.63 Cmol(+)/kg) y una reducción en la saturación de aluminio (de 39.66 % a 5.89 %). Estos cambios reflejan que la cuyaza no solo mejora la fertilidad del suelo, sino que también contribuye a reducir la toxicidad por acidez, consolidándose como una fuente altamente eficiente para la recuperación de suelos degradados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los agricultores de la comunidad de San Pedro de Pariarca aplicar biofermentos de vacaza y cuyaza en el suelo antes de la siembra de papa, en dosis de 200 ml por planta, ya que esta práctica mejoró significativamente la acidez y los nutrientes del suelo. Esta acción puede integrarse de manera rutinaria en la preparación de terrenos en cada campaña agrícola, utilizando insumos locales como estiércol de vaca y cuy, melaza y agua limpia.
- Se recomienda al Municipio Distrital de Tantamayo promover parcelas demostrativas donde se aplique biofermento durante la preparación del terreno, comparando con parcelas tratadas solo con fertilizantes químicos. De esta forma, los agricultores podrán observar directamente la mejora de los parámetros del suelo y el rendimiento de la papa, favoreciendo la adopción progresiva de esta práctica.
- Se recomienda a la Universidad de Huánuco y al INIA dar continuidad a este estudio en otras localidades y con diferentes cultivos andinos, para verificar si la aplicación de biofermentos previa a la siembra también mejora la calidad del suelo y la productividad agrícola en condiciones distintas. Este seguimiento permitiría validar los resultados en un contexto más amplio.
- Se recomienda que futuras investigaciones evalúen el efecto de los biofermentos aplicados antes de la siembra en distintos cultivos andinos (como maíz, oca o quinua) y no solo en papa, con el fin de determinar si los beneficios observados en la recuperación del suelo son extrapolables a otros sistemas agrícolas de la región. Además, sería pertinente incorporar evaluaciones a más largo plazo, considerando varios ciclos agrícolas consecutivos, así como incluir análisis de parámetros biológicos del suelo (biomasa microbiana, lombrices, respiración edáfica) para comprender mejor la sostenibilidad del uso de biofermentos como alternativa a los fertilizantes químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, V.; De Gerónimo, E.; Guijarro, k.; Pérez, D.; Portocarrero R. y Vidal, C. (2015). *Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente*. Balcarce, Buenos Aires. Faimallá, Tucumán. Reconquista, Santa Fe. Ediciones INTA. 13. V, 1º ed.
- Arroyave, J., Garcés L. y Cruz, A. (2016). Foto degradación del pesticida Mertect empleando fotofenton con lámpara de luz ultravioleta. *Revista Lasallista de Investigación*, 3, 19-24. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000300013.
- Astier, M. Mass, M., y Etchevers, B. 2012. *Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable*. *Agrociencia*, 36(5), 605.
- Babbie, E. (2016). *Fundamentos de investigación social* (7ma ed.). Cengage Learning.
- Barreros, E. I. (2017). *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (Cavia porcellus), enriquecido* [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25395>
- Bayona, L. J. (2022). *Biol a partir de residuos de pescado y de estiércol vacuno en la mejora del suelo para la producción de lechuga* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/140340>
- Bedmar, F. 2011. *Informe especial sobre plaguicidas agrícolas*. Estados Unidos, Corvallis. 21, 27p.
- Bejarano J. (2011). *Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia*.
- Bermúdez, F. (2016). Degradación del suelo ¿Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo. *Papeles de geografía*, (20), 49-64.

- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3ra ed.). Pearson.
- Brissio, P., y Savini, M. (2015). *Evaluación preliminar del estado de contaminación en suelos de la provincia de Neuquén donde se efectuaron actividades de explotación hidrocarburífera*. Universidad Nacional de Comahue, Neuquén – Argentina.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5th ed.). Oxford University Press.
- Cabrera, H. (2013). *El cultivo de papa. Folleto 1 ed. EEA. Baños del Inca Cajamarca - Perú*. Asociación Obispo Martínez Compañón.
- Cairapoma, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada e incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista electrónica de veterinaria*, (16). Málaga – España.
- Castro, D. (2008). *Caracterización de cepas bacterianas resistentes al dicloro difenil tricloroetano (DDT) y Paratión, aisladas de suelos sometidos a manejo agrícola intensivo de diferentes localidades del estado de Mérida* [Tesis de pregrado, Licenciado en Biología, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela].
- Cisneros, F., Feyen, J., y De Blévre, B. (2018). *La investigación científica en la ciencia del suelo en el Ecuador PROMAS: Un ejemplo de aplicación del enfoque de sistema para el manejo sostenible de los recursos agua y suelo*. Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo, 1, 1-16.
- Coarite, N., y Masco, J. 2019. *Evaluar los efectos de los microorganismos eficientes (ME) sobre las propiedades químicas del suelo en el Distrito de Coata – Puno* [Trabajo de investigación, Universidad Peruana Unión]. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2724>.
- Cole, Y. y Orozco R. (2013). *Agricultura Ecológica* (3ra ed).
- Condori, X. 2020. *Identificación y clasificación de microorganismos eficientes del suelo, en la estación experimental Patacamaya* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/24902>.

- Coronado, D. (2017). *Incidencia de biol y bokashi en la recuperación de la fertilidad y edafofauna de suelos agrícolas degradados de la parroquia Mariano Acosta Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte – Ecuador]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6457>.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, Sage Publications.
- Decreto Supremo 001-2015-MINAGRI. (2015). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-reglamento-sistema-nacional-plaguicidas-uso>
- Del Puerto, Asela M, Suárez, S., y Palacio, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387.
- Díaz, O., y Betancourt, C. R. (2018). Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14-30. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Duicela, L., y Choez, R. (2008). *Tecnología para la producción de café aravico orgánico*.
- El Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2017). *Boletín Informativo – Servidores del Campo. Edición N° 11*. http://repositorio.minagri.gob.pe/xmlui/discover?rpp=10&filtertype_0=author&filter_relational_operator_0>equals&filter_0=Servicio+Nacional+de+Sanidad+Agraria&filtertype=dateIssued&filter_relational_operator>equals&filter=2017.
- Fang, H., Dong, B., Yan, H., Tang, F. y Yu. Y. (2010). Characterization of a Bacterial Strain Capable of Degrading DDT Congeneres and its Use in Bioremediation of Contaminated Soil. *Journal of Hazardous Material*, volumen 184, 1-3.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2014).

Anuario Estadístico 2014 de la Alimentación y Agricultura en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura - FAO. Santiago, Chile. 178 pp.

FAO (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales.* <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>.

FAO (2018). Principios y directrices para la aplicación de la evaluación de riesgos microbiológicos. <http://www.fao.org/docrep/005/y1579s/y1579s05.htm#bm5>

Gálvez, Y. (2014). *Exposición de taxonomía y morfología de la papa.* Lima – Perú. 61 diapositivas.

García, E. 2013. *Estrategias para la recuperación de suelos degradados en ambientes semiáridos: adición de dosis elevadas de residuos orgánicos de origen urbano y su implantación en la fijación del carbono.* Universidad de Murcia, España.

García, L., y Dorronsoro, C. (2015). *Contaminación del suelo.* Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada sp.

García, Y., Ramírez, W. y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, (35)2, Matanzas, Cuba. 125 – 137.

Gomero, L. y Lizárraga, A. (2015) *Plaguicidas en la sierra peruana LEISA revista de Agroecología.* <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-15-numero-2-1/2450-plaguicidas-en-la-sierra-peruana>.

Gomez, J. L. (2021). *Agricultura urbana en sistema de bolsas: Fertilización química y orgánica con azolla y estiércol de cuy en el crecimiento, rendimiento y calidad de papa (solanum tuberosum cv. Unica)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional de la UNSA. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/b44eaa03-1a3a-4775-a5a6-5ed23ebeb7fc>

Hawkes, J. G. (1947). *On the origin and meaning of South American Indian*

potatoes name. The Journal of the Linnean Society of London, (III). Botany N.º 350. Inglaterra.

- Hernández, E. (2018). *Dinámica temporal del tizón tardío [Phytophthora infestans (mont.) de Bary] en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) e impacto ambiental de las prácticas de manejo*. Universidad Nacional Agraria. Managua – Nicaragua. Recuperado: <http://repositorio.una.edu.ni/3749/>.
- Hernández, O., Ojeda, L., López, J., y Arras, A. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 4(1), 1-6.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw Hill.
- INIA. (2017). *Estudio de las potencialidades productivas de los cultivos de maíz, papa y pastos en el distrito de Cutervo*. EEA. Baños del Inca. Cajamarca – Perú. 34 pág.
- INIAP. (2012). *Agricultura Orgánica*. Unidad de documentación e información técnica agropecuaria, Quito-Ecuador.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2023). *Biofermento, alternativa para nutrición foliar en el cultivo de tomate*. <https://iica.int/es/prensa/noticias/biofermento-alternativa-para-nutricion-foliar-en-el-cultivo-de-tomate#:~:text=El%20biofermento%20es%20el%20producto,la%20calidad%20en%20la%20producci%C3%B3n>
- Lazo, C. y Gamboa, N. (2011). Contaminación de suelos dedicados al cultivo de papa por pesticidas. *Revista de Química*, XI. W I. Lima – Perú. Recuperado: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/download/5269/5263>.
- Lazo, C. y Gamboa, N. (2011). Contaminación de suelos dedicados al cultivo de papa por pesticidas. *Revista de Química*. (XI). W I. Lima – Perú. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/download/5269/5>

- León, C., Nomberto, C., Mendoza, G., Bardales, C., Cabos, J. y Barrena, M. (2019). *Diseño e implementación de una planta piloto de producción de biogás, biol y biosol*. http://dev.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000300011.
- Loayza, J. (2020). *Degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15922>.
- López, A. (2016). *Manual de edafología*. Universidad de Sevilla.
- Lopez, P. J., y Suarez, B. M. (2023). *Influencia de niveles de Biol con microorganismos montaña en la producción de frijol castilla (Vigna unguiculata Walp.) en Chanchamayo* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional de la UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3575>
- López, P. L. (2022). *Población, muestra y muestreo*. Población, muestra y muestreo., 6. GoConqr.
- Luna, M. y Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Agroecosistemas*, 4(2), 31 – 40.
- Mansilla, C. (2017). *Impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas en siete modelos socio-productivos hortícolas del Cinturón Verde de Mendoza* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo]. Repositorio Institucional de Tesis Digitales de la Universidad Nacional de Cuyo. <https://bdigital.uncu.edu.ar/9752>
- Meththika, V., Indika, H., Almaroai, Y., Rajapaksha, A., Huang, L., Sung, K., Sik, Y. (2018). Correction to: effects of carbon nanotube and biochar on bioavailability of pB, Cu and Sb in multi-metal contaminated soil. *Environmental Geochemistry and health*, 40(1), 565 p.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – Agencia Agraria de Cutervo. (2018).

Exposición Situación actual, tendencia y perspectiva del cultivo de papa en la provincia de Cutervo – Cajamarca.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2014). *Informe técnico anual 2013-2014. Principales Aspectos Agroeconómicos de la Cadena Productiva de la Papa.* Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Lima, Perú. 94 p.

Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. (2009). *Elaboración de biofermentos y su aplicación como abono foliar.*
<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0958.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2017). *Reducción de la degradación de los suelos agrarios.* Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Lima Perú.

Ministerio del Ambiente (2015). *Minagri aprueba reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola.*
<https://sinia.minam.gob.pe/novedades/minagri-aprueba-reglamento-sistema-nacional-plaguicidas-uso-agricola>

Molinos y Cía. (2017). *Propiedades físicas y químicas de los fertilizantes sintéticos.* Lima – Perú.

Montaro, A. (1984). *Cultivo y Mejoramiento de la papa.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José – Costa Rica.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hBoPAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA112&dq=historia+cultivo+papa&ots=KYT3w5GQi2&sig=oKEZ-TVg_oU5k6iMUZSR7rWY2UI#v=onepage&q&f=false.

ONU, (2022). *Efecto de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos.* Programa para el medio ambiente. EE.UU. 26 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, 2003). *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas.*
https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_P

esticides/Code/spanish.pdf

- Pimienta, J. H., y De la Orden, A. (2017). *Metodología de la investigación* (3ra ed.). <https://issuu.com/maiquim.floresm./docs/259310380-metodologia-de-la-investi>
- Poorniammal, R. et al. (2020). Biofertilizante líquido: una bendición para la agricultura sostenible. *Biotica Research Today*, (2)9, 915–918. <http://www.biospub.com/index.php/biorestoday/article/view/441>
- Porta, J. López, M., y Poch, R. (2010). *Introducción a la edafología: usos y protección de los suelos*. Madrid: Mundi preense.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. INIAP – CIP. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QJciG_CWNqgC&oi=fnd&pg=PA13&dq=papa&ots=y5A_lrou2b&sig=SC2JiRagPNDuoiYFFFIgcEWIOXw#v=onepage&q=papa&f=false.
- Quishpe, F. J. (2021). *Aplicación de tres dosis de biol con fertirriego en cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en el cantón Quito provincia de Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional de la UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7690>
- Restrepo, J. (2007). *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca*. ABC de la Agricultura Orgánica y Panes de Piedra. <https://agroecologa.org/wp-content/uploads/2016/12/ABC-de-la-Agricultura-organica-Abonos-organicos.pdf>
- Restrepo, J. (2017). *Manual Práctico: El A B C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Servicio de información mesoamericano sobre agricultura sostenible, Managua (Nicaragua).
- Rojas, J., Benítez, P., Rivas, E., y Miranda, L. (2019). Residuos de plaguicidas en suelos de uso agrícola y riesgo de exposición en la microcuenca Los Zarzales, municipio Rivas Dávila, estado Mérida, Venezuela. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(2), 307-315. [109](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-</p></div><div data-bbox=)

49992019000200307

- Sánchez, L. 2021. *Determinación de los parámetros fisicoquímicos del suelo, degradados por cultivo de coca (Erythroxylum coca) en el caserío Bajo Chimbote, Distrito José Crespo y Castillo, Huánuco* [Tesis de Grado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3061>.
- Sánchez, R. (2013). *Abonos Orgánicos y Lombricultura. Primera impresión*, Lima – Perú, 17 – pp.
- Schaaf, A. (2015). *Valoración de Impacto Ambiental por pesticidas agrícolas. Observatorio Medioambiental de la Universidad Nacional de Jujuy*, 18, 87-96.
- Segovia, E. E., y Valenzuela, M. V. (2020). *Evaluar la aplicación de microorganismos contenidos en un biol sobre la producción de mezclas forrajeras en una unidad productiva agropecuaria en el cantón Quito sector Chillotallo* [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional de la UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6742>
- Simansky, V., Horak, J., Igaz, D., Jonczak, J., Markiewicz, M., Felber, R., y Lukac, M. (2016). How dose of biochar and biochar with nitrogen can improve the parameters of soil organic matter and soil structure. *Biología*, 71(9). 989-995.
- Siura, S. Montes, I., y Dávila, S. (2009). Efecto del biol y rotación con abono verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea*) bajo cultivo orgánico. *Ancient UNALM*, 70(1), 1 – 8.
- Solisor, L. (2020). *Efecto del biochar del eucalipto (Eucalyptus globulus) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (Raphanus sativus) – Huánuco* [Tesis de grado, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2870>.
- Spain, J., y Gualdrón, R. (2014). *Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de investigación*. Cali, Colombia, 269-283.

- Suquilanda, M. (2015). *El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo*, 1, 1-12.
- Tamayo y Tamayo, M. (2010). *El proceso de la investigación científica* (5ta ed.). Limusa.
- Tomasini, A. (2011). *Biorremediación de suelos contaminados por compuestos organoclorados*. En Prado et al., *Impacto de la biología molecular y las nuevas tecnologías en el conocimiento de la función celular y sus aplicaciones*. 978-607-477-560-0.
- Turpo, B. (2021). *Efecto del compost y el biofertilizante en el crecimiento inicial de las plantas de Schizolobium amazonicum Huber*. Ex Ducke Pinochuncho establecidas en suelos degradados [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1977>.
- Vallejo, P. (2021). *Análisis sobre la eficiencia del uso de microorganismos de montaña para potenciar la diversidad biológica de los suelos agrícolas* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7044>.
- Velásquez, J. (2003). *Boletines técnicos*. El suelo. https://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_boletines_el_suelo.pdf
- Velásquez, J. 2017. Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de investigación Agraria y ambiental*, 8(1).
- Xiaomin, L., Zhong, L., Chunling, L., Jing, B., Yingtao, S. y Yongtao, L. (2015). Enhanced microbial degradation of pentachlorophenol from soil in the presence of earthworms: Evidence of functional bacteria using DNA-stable isotope probing. *Soil biology & Biochemistry* volume, 81, 168-177.
- Xuejun, W., Xiuying, P., Jing, C., Jundong, H., Fuliu, X. y Shu, T. (2016). Organochlorine pesticides in soil profiles from Tianjin, China. *Chemosphere*, 64(9), pp1514-1520.

- Yucailla, M. M. (2020). *Evaluación de tres tipos de abonos orgánicos en la producción de la papa (Solanum tuberosum) variedad chaucha en el Cantón Ambato Provincia de Tungurahua* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional de la UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6919>
- Yugsi, L. 2011. *Elaboración de abonos orgánicos. Módulo de capacitación para capacitadores*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – INIP. Quito-Ecuador.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ramirez Blas, A. (2026). *Efecto de dos fuentes de biofermento en la recuperacion de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), en la comunidad campesina San Pedro de Pariarca - Distrito de Tantamayo - Huánuco 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “Efecto de dos fuentes de biofermento en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), en la comunidad campesina San Pedro de Pariarca – Distrito de Tantamayo – Huánuco 2022”

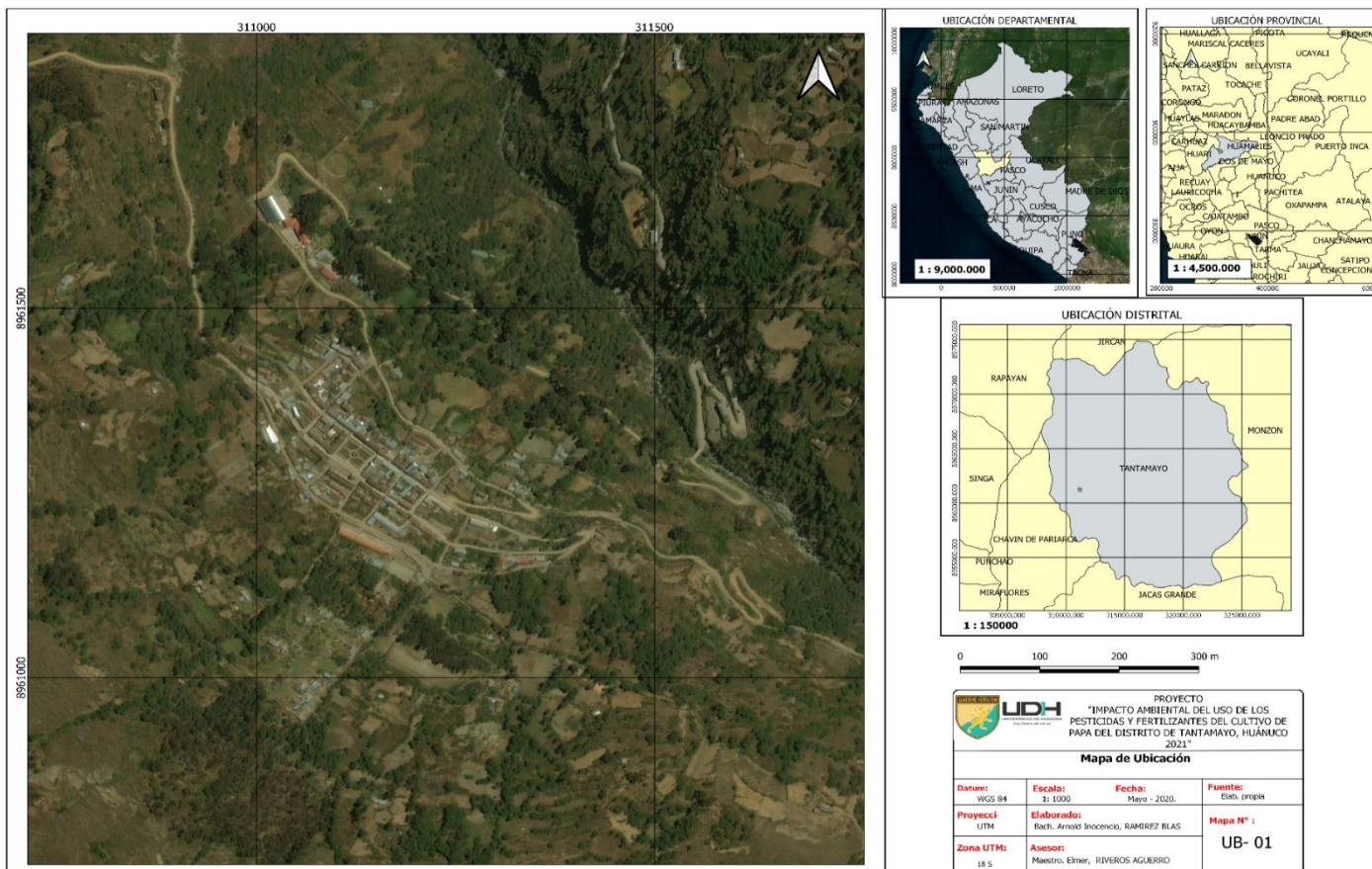
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			Instrumento	METODOLOGÍA
			VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES		
P_G: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de dos fuentes de biofermento en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca?	O_G: Demostrar el efecto de la aplicación de dos fuentes de biofermento en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.	H_G: La aplicación de dos fuentes de biofermento logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.	VI: Biol más microorganismos eficientes	Físico	❖ Conductividad ❖ CIC ❖ Humedad	Conductímetro. Hidrómetro, etc. Peachímetro.	Población: Área agrícola de la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca del distrito de Tantamayo. Muestra: Área de 9 m ² de 0.5 Ha de la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca del distrito de Tantamayo. Tipo: Básica.
				Químico	❖ pH ❖ M.O. ❖ Macronutrientes primarios (N, P, K) ❖ Macronutrientes secundarios (CA, Mg)		
			Físico	❖ Textura ❖ Color	Reactivos, ác. Sulfúrico. Espectrofotómetro, reactivos, probetas, pipetas, etc.		
				VD: Suelo degradado			
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:					

<p>P_{E1}: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de un biofermento a base de vacasa en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca?</p>	<p>O_{E1}: Demostrar el efecto de la aplicación de biofermento de estiércol de vacasa en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.</p>	<p>H₁: La aplicación de biofermento de estiércol de vacasa logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.</p>	<p>Químico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ pH ❖ M.O. ❖ Macronutrientes primarios (N, P, K) ❖ Macronutrientes secundarios (Ca, Mg). 	<p>Enfoque: Cuantitativo.</p>
<p>P_{E2}: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de un biofermento a base de cuyaza en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum</i></p>	<p>O_{E2}: Demostrar el efecto de la aplicación de biofermento de estiércol de cuyaza en la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y</p>	<p>H₂: La aplicación de biofermento de estiércol de cuyaza logra la recuperación de un suelo degradado por el uso de pesticidas y fertilizantes por el cultivo de</p>			<p>Nivel: Correlacional.</p>

<i>tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca?	fertilizantes por el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.	papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la comunidad campesina de San Pedro de Pariarca.
--	---	---

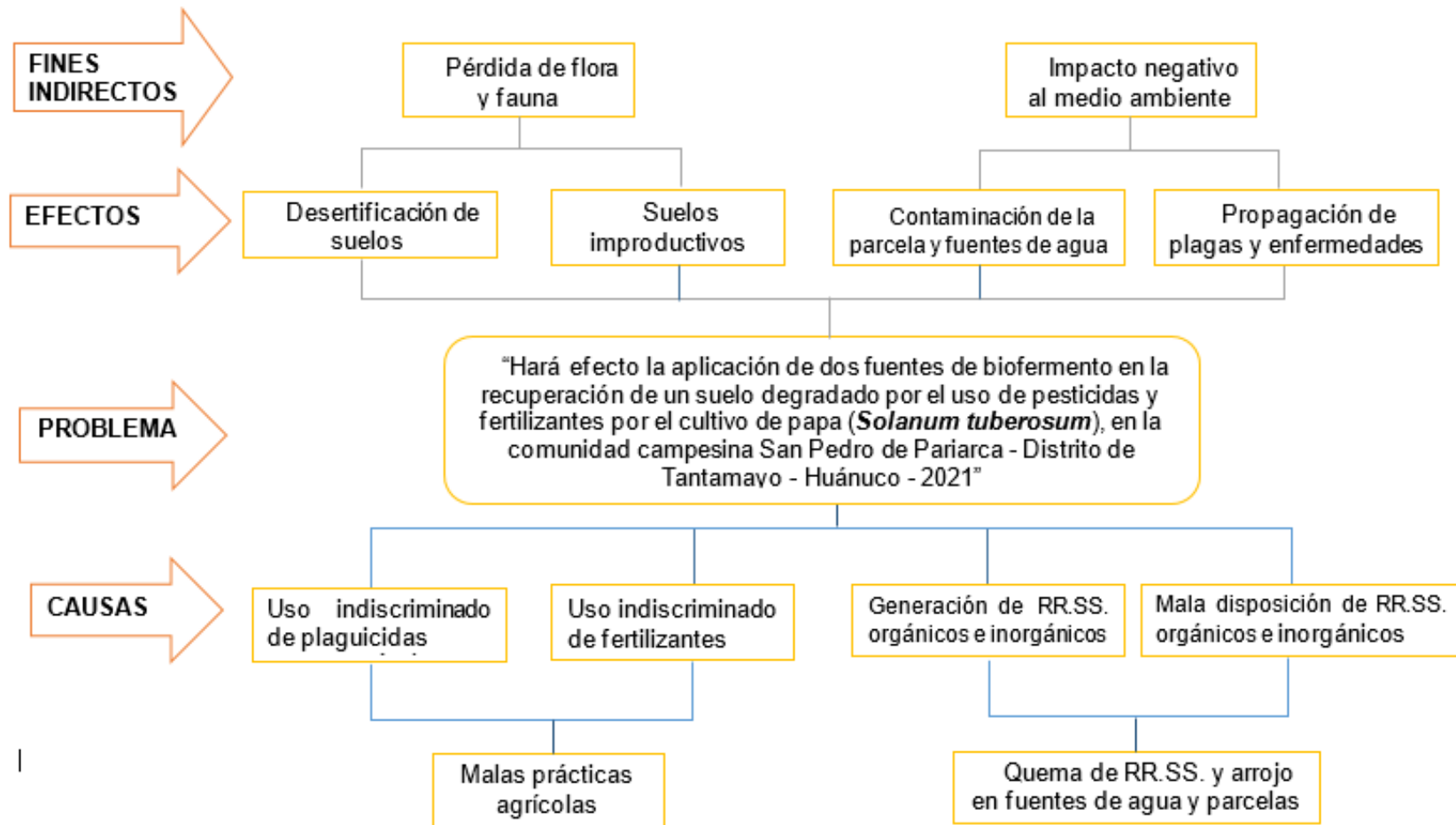
ANEXO 2

MAPA DE UBICACIÓN



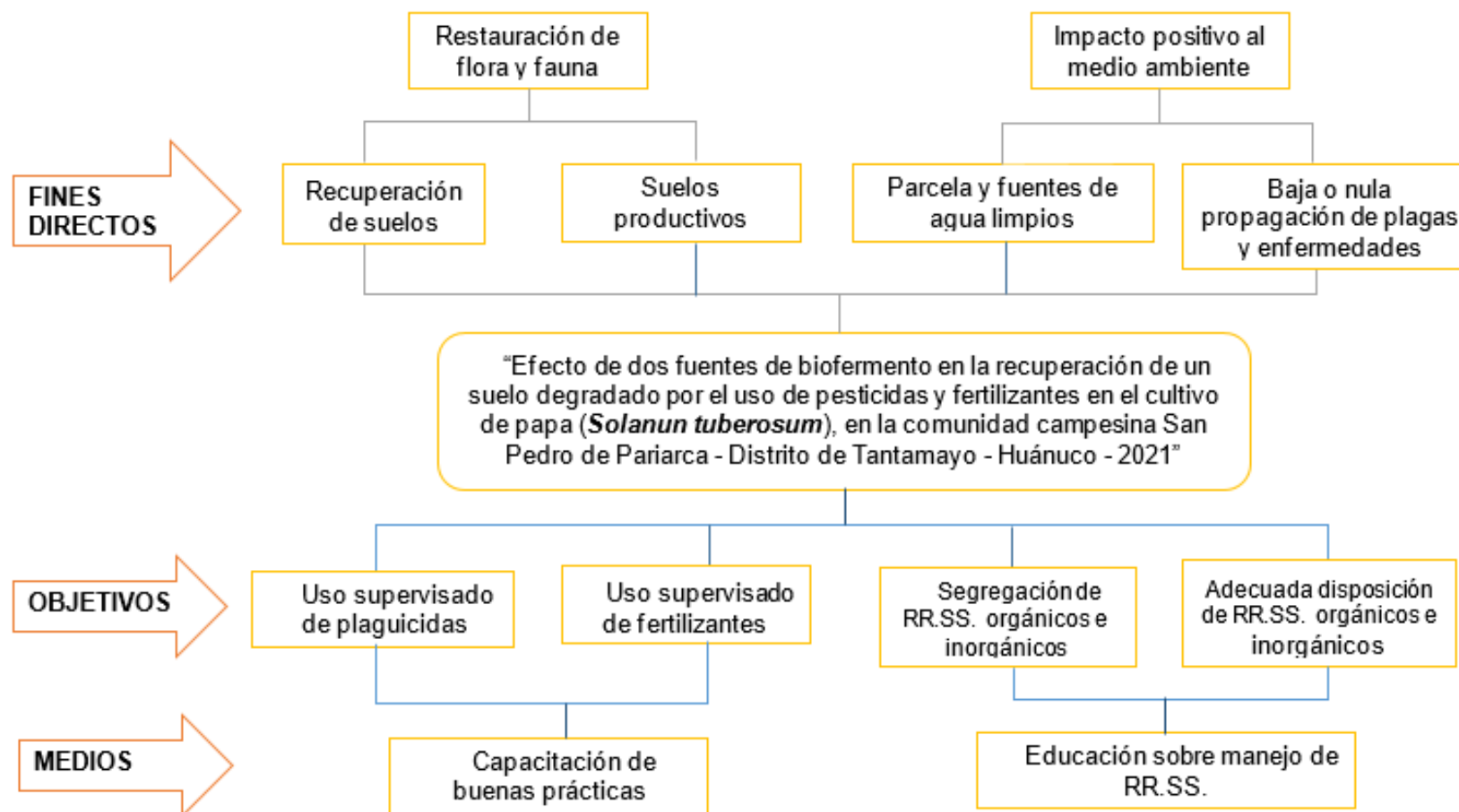
ANEXO 3

ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 4

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5

FICHA DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS

LUGAR DE MUESTREO:										
MUESTREADOR:										
FECHA:										
CODIGO DE MUESTRA:										
TIPO DE MUESTRA:										
FISIOGRAFÍA:										
PARAMETROS A ANALISAR EN LABORATORIO - TRATAMIENTO N° _____										
P. QUIMICO (GRUPO CONTROL):			P. QUIMICO (BIOFERMENTO VACAZA):				P. QUIMICO (BIOFERMENTO CUYAZA):			
ELEMENTOS	UND	VALOR	ELEMENTOS	UND	VALOR	EFICIENCIA %	ELEMENTOS	UND	VALOR	EFICIENCIA %
pH	1:1		Ph	1:1			pH	1:1		
M.O.	%		M.O.	%			M.O.	%		
N	%		N	%			N	%		
P	ppm		P	ppm			P	ppm		
K	ppm		K	ppm			K	ppm		
CIC	meq/100g		CIC	meq/100g			CIC	meq/100g		
Mg	meq/100g		Mg	meq/100g			Mg	meq/100g		
Ca	meq/100g		Ca	meq/100g			Ca	meq/100g		

Nota.

El presente formato de registro de muestreo y análisis de parámetros químicos del suelo ha sido **proporcionado por la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) – Tingo María**. Este instrumento permite consignar información detallada del lugar y condiciones de muestreo, así como los valores obtenidos en laboratorio para los principales indicadores de fertilidad del suelo (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y capacidad de intercambio catiónico), tanto en el grupo control como en los tratamientos con biofermento de Vacaza y Cuyaza.

ANEXO 6

ZONA DE INVESTIGACIÓN

Caserío de San Pedro de Pariarca – Faena Comunal, se visualiza los suelos degradados



ANEXO 7

RESULTADO DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS DEL SUELO

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA Y ECOTOXICOLOGÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE: ARNOLD INCENCO RAMIREZ BLAS	FECHA DE REPORTE: 3/07/2025
PROCEDENCIA: SAN PEDRO DE PARIARCA - DISTRITO DE TANTAMAYO - PROVINCIA DE HUAMALIES - REGION HUANUCO	RECIBO N°: 78093
REFERENCIA: SUELOS CON TRATAMIENTOS	MUESTREADO POR: EL SOLICITANTE
RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO	

N°	DATOS				pH	CE dSm	CE 1:1	Materia Orgánica M.O.	N total	P ppm disponible	K ₂ O ppm	CIC	ANÁLISIS QUÍMICO										Saturación de Aluminio %				
	Area Ao	Analisis AIC	limo Lo	Clase Textural									Ca	Mg	K	Na	AI	H	Base Cambiable %	Acidez Cambiable %	Ca	Mg		K	Na	AI	H
	%	%	%				%	%	%	ppm	ppm	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg	cmol(+)/kg
1	S25-0725-1	P1	T1	66.5	12.4	21.1	Franco Arenoso	2.10	4.90	2.698	0.135	8.432	467.608	10.375	1.729	0.951	0.148	1.140	0.600	15.108	86.492	11.518	7.546				
2	S25-0725-2	P1	T2	68.5	10.4	21.1	Franco Arenoso	0.92	4.82	2.566	0.129	7.233	266.913	8.504	1.167	0.954	0.193	1.070	0.700	13.088	90.775	18.225	11.998				
3	S25-0725-3	P1	T3	64.5	12.8	22.7	Franco Arenoso	0.49	4.57	2.473	0.124	5.303	180.769	7.744	1.024	0.984	0.340	1.070	0.700	11.395	76.350	32.593	16.923				
4	S25-0725-4	P1	T4	66.5	14.4	19.1	Franco Arenoso	0.19	4.58	2.361	0.118	4.605	110.992	7.113	0.960	0.270	0.062	0.910	0.660	11.855	74.759	35.121	27.548				
5	S25-0725-5	P1	T5	64.5	13.4	22.1	Franco Arenoso	0.17	4.17	2.248	0.112	3.679	75.633	6.892	0.811	0.233	0.060	0.910	0.660	12.015	64.879	35.121	27.548				
6	S25-0725-6	P2	T1	66.5	12.6	20.9	Franco Arenoso	1.18	4.75	2.754	0.136	9.250	446.500	12.567	1.772	1.062	0.117	1.080	0.900	17.497	86.684	11.316	6.172				
7	S25-0725-7	P2	T2	67.5	13.0	19.5	Franco Arenoso	0.78	4.63	2.642	0.132	6.693	340.795	8.978	1.758	0.684	0.087	1.430	1.220	13.557	80.454	19.546	10.548				
8	S25-0725-8	P2	T3	64.5	12.4	23.1	Franco Arenoso	0.48	4.66	2.559	0.128	5.259	247.654	8.438	0.965	0.263	0.064	2.260	0.880	13.120	76.087	23.933	17.225				
9	S25-0725-9	P2	T4	66.5	12.8	22.7	Franco Arenoso	0.16	4.67	2.417	0.121	4.251	107.784	6.034	0.965	0.069	0.069	0.900	0.550	10.707	67.497	32.503	27.326				
10	S25-0725-10	P2	T5	64.5	12.8	22.7	Franco Arenoso	1.13	4.73	3.095	0.115	3.725	76.737	5.894	0.648	0.195	0.064	3.380	0.770	10.948	62.002	37.988	30.965				
11	S25-0725-11	P3	T1	61.7	13.0	25.9	Franco Arenoso	0.16	4.70	2.578	0.126	6.973	362.867	10.127	1.588	1.042	0.111	1.110	0.740	14.718	87.431	12.569	7.542				
12	S25-0725-12	P3	T2	64.5	12.0	22.5	Franco Arenoso	0.43	4.66	2.361	0.116	5.251	110.812	7.053	0.701	0.601	0.109	1.380	1.160	13.451	81.117	18.683	10.259				
13	S25-0725-13	P3	T3	66.5	10.4	23.1	Franco Arenoso	0.17	4.36	2.305	0.115	4.251	200.895	6.280	0.841	0.267	0.089	2.060	1.150	12.779	74.645	25.355	16.935				
14	S25-0725-14	P3	T4	64.5	12.8	22.7	Franco Arenoso	0.13	4.37	2.293	0.115	5.684	75.633	6.280	0.841	0.132	0.060	3.340	0.970	11.239	67.203	32.797	28.777				
15	S25-0725-15	P4	T1	64.5	12.8	22.7	Franco Arenoso	1.63	4.84	2.867	0.143	8.772	494.449	10.069	1.918	1.055	0.124	1.210	0.710	15.098	87.295	38.912	31.963				
16	S25-0725-16	P4	T2	68.5	12.2	19.3	Franco Arenoso	0.91	4.80	2.642	0.132	6.746	433.846	9.328	1.426	0.650	0.087	1.520	0.950	13.972	82.322	17.678	10.976				
17	S25-0725-17	P4	T3	65.5	14.0	20.5	Franco Arenoso	0.43	4.46	2.529	0.126	5.097	264.827	8.456	0.929	0.488	0.062	2.210	0.800	12.965	76.784	23.216	17.046				
18	S25-0725-18	P4	T4	66.5	12.4	21.1	Franco Arenoso	0.16	4.37	2.473	0.124	4.229	105.660	5.985	0.777	0.190	0.079	2.940	0.740	10.712	65.646	34.354	27.446				
19	S25-0725-19	P4	T5	66.5	12.8	22.6	Franco Arenoso	0.14	4.26	2.333	0.117	3.632	76.330	4.874	0.664	0.129	0.056	3.330	0.840	9.892	57.845	42.155	33.663				
20	S25-0725-20	P4	T1	66.5	12.4	21.1	Franco Arenoso	0.29	4.95	3.148	0.157	8.403	495.353	10.695	1.645	1.056	0.117	1.170	0.680	15.353	81.591	18.402	10.795				
21	S25-0725-21	P5	T2	64.5	13.6	21.9	Franco Arenoso	0.37	4.65	2.923	0.146	6.719	341.202	9.122	1.340	0.709	0.093	1.490	1.050	13.005	76.796	23.214	17.411				
22	S25-0725-22	P5	T3	66.5	12.8	21.9	Franco Arenoso	0.19	4.65	2.642	0.132	5.109	277.317	8.571	0.975	0.433	0.075	2.280	0.780	11.562	67.383	32.607	25.688				
23	S25-0725-23	P5	T4	66.5	8.4	23.1	Franco Arenoso	0.18	4.35	2.361	0.118	3.659	74.341	5.907	0.714	0.262	0.070	2.970	0.900	11.562	67.383	32.607	25.688				
24	S25-0725-24	P5	T5	66.5	12.6	20.9	Franco Arenoso	0.15	4.13	2.361	0.118	3.659	74.341	5.907	0.714	0.262	0.070	2.970	0.900	11.562	67.383	32.607	25.688				
25	S25-0725-25	P6	T1	64.5	13.0	22.5	Franco Arenoso	1.17	4.76	3.035	0.152	7.934	481.750	11.036	1.632	0.151	0.055	3.400	0.710	10.726	61.693	38.317	31.697				
26	S25-0725-26	P6	T2	66.5	12.4	21.1	Franco Arenoso	1.25	4.52	2.867	0.143	7.097	381.965	9.925	1.105	0.917	0.098	1.420	1.000	15.965	87.518	12.482	7.061				
27	S25-0725-27	P6	T3	65.5	12.8	21.7	Franco Arenoso	0.48	4.41	2.642	0.132	5.290	298.043	8.604	0.944	0.486	0.094	2.340	0.800	13.375	91.355	18.034	9.869				
28	S25-0725-28	P6	T4	66.1	13.0	20.8	Franco Arenoso	0.27	4.32	2.417	0.121	4.264	96.938	6.250	0.786	0.252	0.089	2.950	1.000	11.327	65.176	34.974	17.023				
29	S25-0725-29	P6	T5	66.5	10.4	21.1	Franco Arenoso	0.18	4.12	2.136	0.107	3.639	76.194	5.003	0.629	0.176	0.068	3.110	1.040	10.026	58.610	41.389	31.018				
30	S25-0725-30	P6	T1	66.5	10.4	21.1	Franco Arenoso	0.18	4.12	2.136	0.107	3.639	76.194	5.003	0.629	0.176	0.068	3.110	1.040	10.026	58.610	41.389	31.018				

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de productos o servicios emitidos por el Instituto que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO ALEJANDRO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

CRACIAS POR SU PREFERENCIA

analisisdesuelos@HOTMAIL.COM
WHATSAPP: 944407531

CALLETA CENTRAL, KM 121 - TINGO MARIA



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE: ARNOLD INOCENCIO RAMIREZ BLAS
 PROCEDENCIA: SAN PEDRO DE PARIMARCA - DISTRITO DE TANTAMAYO - PROVINCIA DE HUAMALIS - REGION HUANUCO
 REFERENCIA: SUELOS CON TRATAMIENTOS

FECHA DE REPORTE: 3/07/2025
 RECIBO N°: 78093
 MUESTREO POR: EL SOLICITANTE

N°	DATOS		Arilla AO %	Arcilla AIC %	Limo LO %	Clase Textural	CE dbm	pH	Materia Orgánica M.O. %	N total %	P disponible ppm	K ₂ O ppm	Ca Calcio %	Mg Magnesio %	K Potasio %	Na Sodio %	Al Aluminio %	H Hierro %	CICE	Base Cambiante %	Activa Cambiante %	Saturación de Aluminio %	
	COORDENADAS LABORATORIO	LABORATORIO																					
31	S25-0725-31	P7	11	68.5	12.1	19.4	Frusco Arenoso	1.22	4.53	3.316	0.166	9.557	439.058	10.934	2.214	1.071	0.137	1.280	1.060	16.695	85.984	14.016	7.667
32	S25-0725-32	P7	12	67.5	12.8	19.7	Frusco Arenoso	0.79	4.38	3.204	0.160	7.730	238.163	8.366	1.262	0.541	0.066	1.750	1.200	13.215	77.678	22.322	13.242
33	S25-0725-33	P7	13	66.9	12.6	19.4	Frusco Arenoso	0.56	4.35	3.091	0.155	5.992	172.633	7.716	0.927	0.290	0.088	2.610	1.130	12.762	70.684	29.306	20.452
34	S25-0725-34	P7	15	67.5	11.0	19.3	Frusco Arenoso	0.20	4.31	2.979	0.149	4.874	96.938	6.197	0.707	0.200	0.074	3.430	0.920	11.527	62.264	37.736	29.756
35	S25-0725-35	P7	15	67.2	11.0	21.8	Frusco Arenoso	0.17	4.05	2.810	0.141	3.810	66.116	5.578	0.687	0.121	0.052	3.520	1.100	11.058	58.219	41.781	31.833
36	S25-0725-36	P8	11	67.6	8.6	23.8	Frusco Arenoso	0.80	4.19	3.697	0.160	3.254	481.479	11.616	2.427	1.016	0.125	1.330	0.740	17.254	88.003	11.997	7.709
37	S25-0725-37	P8	12	67.1	9.6	22.5	Frusco Arenoso	0.76	4.43	3.697	0.129	5.970	314.960	7.954	1.235	0.509	0.096	1.630	0.750	12.173	80.448	19.552	13.391
38	S25-0725-38	P8	13	68.5	10.0	22.5	Frusco Arenoso	0.11	4.34	2.361	0.118	4.966	115.692	6.821	0.912	0.250	0.081	2.990	1.050	11.704	68.900	31.100	22.129
39	S25-0725-39	P8	14	68.5	9.4	22.1	Frusco Arenoso	0.11	4.01	2.248	0.112	3.854	65.303	5.069	0.592	0.193	0.092	3.310	0.800	11.054	62.819	37.181	29.944
40	S25-0725-40	P8	15	67.5	10.0	22.5	Frusco Arenoso	0.11	4.34	2.248	0.112	3.854	65.303	5.069	0.592	0.193	0.092	3.310	0.800	11.054	62.819	37.181	29.944
41	S25-0725-41	P9	11	67.5	10.0	22.5	Frusco Arenoso	0.11	4.34	2.248	0.112	3.854	65.303	5.069	0.592	0.193	0.092	3.310	0.800	11.054	62.819	37.181	29.944
42	S25-0725-42	P9	12	67.5	9.2	23.3	Frusco Arenoso	0.37	4.30	2.642	0.124	4.176	125.635	12.273	1.171	0.548	0.092	1.570	1.270	18.189	87.836	12.164	7.100
43	S25-0725-43	P9	13	67.3	8.4	23.3	Frusco Arenoso	0.80	4.36	2.688	0.135	7.689	336.683	6.966	0.981	0.564	0.070	2.570	0.780	10.759	61.186	39.802	31.963
44	S25-0725-44	P9	14	68.3	8.4	23.3	Frusco Arenoso	0.17	4.21	2.473	0.124	5.246	125.635	5.631	0.704	0.204	0.069	3.400	0.890	10.617	58.085	41.915	33.592
45	S25-0725-45	P9	15	69.7	8.4	23.1	Frusco Arenoso	0.12	4.16	2.417	0.121	4.176	72.057	5.340	0.625	0.146	0.055	3.960	1.000	10.617	58.085	41.915	33.592
46	S25-0725-46	P10	11	67.9	8.6	23.9	Frusco Arenoso	0.69	4.46	3.035	0.152	10.622	478.225	9.926	1.128	0.766	0.088	0.000	2.640	16.575	87.451	18.146	0.000
47	S25-0725-47	P10	12	67.6	9.2	23.9	Frusco Arenoso	0.45	4.28	2.942	0.132	6.312	341.798	7.223	0.971	0.410	0.066	2.630	1.080	12.400	70.081	29.919	21.209
48	S25-0725-48	P10	13	66.9	9.2	23.9	Frusco Arenoso	0.15	4.38	2.448	0.114	4.992	173.827	11.163	1.137	0.071	0.124	0.000	2.640	16.575	87.451	18.146	0.000
49	S25-0725-49	P10	14	68.5	10.4	21.1	Frusco Arenoso	0.15	4.38	2.448	0.114	4.992	173.827	11.163	1.137	0.071	0.124	0.000	2.640	16.575	87.451	18.146	0.000
50	S25-0725-50	P10	15	69.5	9.6	20.9	Frusco Arenoso	0.12	4.00	2.248	0.112	3.854	65.303	5.069	0.592	0.193	0.092	3.310	0.800	11.054	62.819	37.181	29.944
51	S25-0725-51	P11	11	67.9	8.8	23.3	Frusco Arenoso	1.69	4.44	3.260	0.163	9.833	474.087	6.651	0.845	0.210	0.077	3.420	0.990	11.874	65.386	34.614	28.803
52	S25-0725-52	P11	12	68.0	8.5	23.5	Frusco Arenoso	1.06	4.37	2.979	0.149	7.553	322.859	7.223	0.845	0.210	0.077	3.420	0.990	11.874	65.386	34.614	28.803
53	S25-0725-53	P11	13	68.0	8.5	23.5	Frusco Arenoso	0.45	4.29	2.923	0.146	6.211	265.563	6.242	0.716	0.208	0.063	3.480	1.070	10.021	66.981	33.119	23.954
54	S25-0725-54	P11	14	68.1	8.4	23.5	Frusco Arenoso	0.20	4.23	2.696	0.129	4.891	119.940	5.365	0.689	0.208	0.053	3.480	1.070	10.021	66.981	33.119	23.954
55	S25-0725-55	P11	15	68.3	8.4	23.3	Frusco Arenoso	0.14	4.01	2.361	0.118	4.163	72.217	4.768	0.645	0.138	0.053	3.550	0.980	10.192	65.202	40.274	32.823
56	S25-0725-56	P12	11	69.4	8.6	22.0	Frusco Arenoso	1.05	4.52	3.302	0.165	10.039	484.981	12.500	2.672	1.044	0.126	1.120	0.970	18.392	89.592	11.098	35.096
57	S25-0725-57	P12	12	68.7	9.0	21.7	Frusco Arenoso	1.04	4.49	3.052	0.153	7.965	348.885	10.177	1.020	0.742	0.109	1.610	0.860	14.558	83.033	16.967	11.059
58	S25-0725-58	P12	13	69.7	8.4	21.5	Frusco Arenoso	0.45	4.32	2.781	0.139	6.367	247.654	5.664	0.784	0.332	0.081	2.570	0.930	10.362	66.221	33.779	24.803
59	S25-0725-59	P12	14	69.1	8.4	22.1	Frusco Arenoso	0.16	4.27	2.459	0.123	4.852	95.356	5.000	0.745	0.195	0.062	3.450	0.900	10.362	66.221	33.779	24.803
60	S25-0725-60	P12	15	69.5	8.4	22.1	Frusco Arenoso	0.16	4.27	2.459	0.123	4.852	95.356	5.000	0.745	0.195	0.062	3.450	0.900	10.362	66.221	33.779	24.803
61	S25-0725-61	Mo	To	69.5	8.4	22.1	Frusco Arenoso	0.16	4.27	2.459	0.123	4.852	95.356	4.651	0.472	0.115	0.047	3.980	0.770	10.036	52.669	47.331	39.659

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA Y ECOTOXICOLOGÍA

Dr. HUGO ALBERTO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA - estado
 FOMENTO DE AGRICULTORES
 Laboratorio de Análisis de Suelos
 Tingo María

MÉTODOS ANALÍTICOS

01. pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
02. C. E. Conductímetro - Extracto Acuoso
03. Materia orgánica - Método de Walkley y Black
04. Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
05. Fósforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de NH_4CO_3 0.5M, pH 8.5
06. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
07. Capacidad de intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
Ca Mg K Na
Absorción atómica
08. C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5)
Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
09. Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta
10. Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta
11. Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso: Método Melich III - EAA
12. Determinación del Boro: Método de la Azometina - H
13. Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA - EAA
14. Cadmio Total: Extracto USEPA 3050 - EAA
15. Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
16. Determinación colorimétrica de molibdeno

INTERPRETACIÓN DEL pH

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

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

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K ₂ O/ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240

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

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

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

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



GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA

ANEXO 8

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

- pH

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: pH					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4,771 ^a	11	,434	57,725	,000
Intersección	1368,342	1	1368,342	182121,884	,000
Biofermento	,576	1	,576	76,667	,000
Tratamiento	3,992	5	,798	106,264	,000
Biofermento * Tratamiento	,203	5	,041	5,398	,000
Error	,451	60	,008		
Total	1373,564	72			
Total corregido	5,222	71			

a. R al cuadrado = ,914 (R al cuadrado ajustada = ,898)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: pH							
	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	T0	T1	-,6792*	,03539	,000	-,7833	-,5750
		T2	-,5617*	,03539	,000	-,6658	-,4575
		T3	-,4608*	,03539	,000	-,5650	-,3567
		T4	-,3650*	,03539	,000	-,4692	-,2608
		T5	-,1350*	,03539	,004	-,2392	-,0308
	T1	T0	,6792*	,03539	,000	,5750	,7833
		T2	,1175*	,03539	,018	,0133	,2217
		T3	,2183*	,03539	,000	,1142	,3225
		T4	,3142*	,03539	,000	,2100	,4183
		T5	,5442*	,03539	,000	,4400	,6483
	T2	T0	,5617*	,03539	,000	,4575	,6658
		T1	-,1175*	,03539	,018	-,2217	-,0133
		T3	,1008	,03539	,063	-,0033	,2050

		T4	,1967*	,03539	,000	,0925	,3008
		T5	,4267*	,03539	,000	,3225	,5308
	T3	T0	,4608*	,03539	,000	,3567	,5650
		T1	-,2183*	,03539	,000	-,3225	-,1142
		T2	-,1008	,03539	,063	-,2050	,0033
		T4	,0958	,03539	,089	-,0083	,2000
		T5	,3258*	,03539	,000	,2217	,4300
	T4	T0	,3650*	,03539	,000	,2608	,4692
		T1	-,3142*	,03539	,000	-,4183	-,2100
		T2	-,1967*	,03539	,000	-,3008	-,0925
		T3	-,0958	,03539	,089	-,2000	,0083
		T5	,2300*	,03539	,000	,1258	,3342
	T5	T0	,1350*	,03539	,004	,0308	,2392
		T1	-,5442*	,03539	,000	-,6483	-,4400
		T2	-,4267*	,03539	,000	-,5308	-,3225
		T3	-,3258*	,03539	,000	-,4300	-,2217
		T4	-,2300*	,03539	,000	-,3342	-,1258
	T5	T5	,2300*	,03539	,000	,1218	,3382
		T0	,1350*	,03539	,005	,0268	,2432
		T1	-,5442*	,03539	,000	-,6524	-,4360
T2		-,4267*	,03539	,000	-,5349	-,3185	
T3		-,3258*	,03539	,000	-,4340	-,2176	
		T4	-,2300*	,03539	,000	-,3382	-,1218

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,008.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

pH							
	Tratamiento	N	Subconjunto				
			1	2	3	4	5
HSD Tukey ^{a,b}	T0	12	3,9925				
	T5	12		4,1275			
	T4	12			4,3575		
	T3	12			4,4533	4,4533	
	T2	12				4,5542	
	T1	12					4,6717
	Sig.			1,000	1,000	,089	,063

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,008.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = .05.

- **Materia Orgánica (M.O.)**

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Materia Orgánica					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7,525 ^a	11	,684	25,213	,000
Intersección	477,008	1	477,008	17581,798	,000
Biofermento	,387	1	,387	14,276	,000
Tratamiento	6,947	5	1,389	51,210	,000
Biofermento * Tratamiento	,191	5	,038	1,404	,236
Error	1,628	60	,027		
Total	486,160	72			
Total corregido	9,152	71			

a. R al cuadrado = ,822 (R al cuadrado ajustada = ,790)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Materia Orgánica							
	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	T0	T1	-,94317*	,067244	,000	-1,14112	-,74521
		T2	-,73133*	,067244	,000	-,92929	-,53338
		T3	-,55783*	,067244	,000	-,75579	-,35988
		T4	-,39974*	,067244	,000	-,59770	-,20179
		T5	-,23850*	,067244	,009	-,43645	-,04055
	T1	T0	,94317*	,067244	,000	,74521	1,14112
		T2	,21183*	,067244	,029	,01388	,40979
		T3	,38533*	,067244	,000	,18738	,58329
		T4	,54343*	,067244	,000	,34547	,74138
		T5	,70467*	,067244	,000	,50671	,90262
	T2	T0	,73133*	,067244	,000	,53338	,92929
		T1	-,21183*	,067244	,029	-,40979	-,01388
		T3	,17350	,067244	,118	-,02445	,37145
		T4	,33159*	,067244	,000	,13364	,52955
		T5	,49283*	,067244	,000	,29488	,69079
	T3	T0	,55783*	,067244	,000	,35988	,75579
		T1	-,38533*	,067244	,000	-,58329	-,18738

		T2	-,17350	,067244	,118	-,37145	,02445	
		T4	,15809	,067244	,190	-,03986	,35605	
		T5	,31933*	,067244	,000	,12138	,51729	
	T4	T0	,39974*	,067244	,000	,20179	,59770	
		T1	-,54343*	,067244	,000	-,74138	-,34547	
		T2	-,33159*	,067244	,000	-,52955	-,13364	
		T3	-,15809	,067244	,190	-,35605	,03986	
		T5	,16124	,067244	,174	-,03671	,35920	
	T5	T0	,23850*	,067244	,009	,04055	,43645	
		T1	-,70467*	,067244	,000	-,90262	-,50671	
		T2	-,49283*	,067244	,000	-,69079	-,29488	
		T3	-,31933*	,067244	,000	-,51729	-,12138	
		T4	-,16124	,067244	,174	-,35920	,03671	
	Se basa en las medias observadas.							
	El término de error es la media cuadrática(Error) = ,027.							
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.								

Materia Orgánica							
	Tratamiento	N	Subconjunto				
			1	2	3	4	5
HSD Tukey ^{a,b}	T0	12	2,09550				
	T5	12		2,33400			
	T4	12		2,49524	2,49524		
	T3	12			2,65333	2,65333	
	T2	12				2,82683	
	T1	12					3,03867
	Sig.			1,000	,174	,190	,118
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.							
Se basa en las medias observadas.							
El término de error es la media cuadrática (Error) = ,027.							
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.							
b. Alfa = .05.							

• **Nitrógeno (N)**

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Nitrógeno					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,018 ^a	11	,002	24,071	,000
Intersección	1,195	1	1,195	17194,537	,000
Biofermento	,001	1	,001	16,125	,000
Tratamiento	,017	5	,003	48,778	,000
Biofermento * Tratamiento	,000	5	6,622E-5	,953	,454
Error	,004	60	6,947E-5		
Total	1,217	72			
Total corregido	,023	71			

a. R al cuadrado = ,815 (R al cuadrado ajustada = ,781)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Nitrógeno							
	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	T0	T1	-,04650*	,003403	,000	-,05652	-,03648
		T2	-,03567*	,003403	,000	-,04568	-,02565
		T3	-,02717*	,003403	,000	-,03718	-,01715
		T4	-,01933*	,003403	,000	-,02935	-,00932
		T5	-,01117*	,003403	,020	-,02118	-,00115
	T1	T0	,04650*	,003403	,000	,03648	,05652
		T2	,01083*	,003403	,027	,00082	,02085
		T3	,01933*	,003403	,000	,00932	,02935
		T4	,02717*	,003403	,000	,01715	,03718
		T5	,03533*	,003403	,000	,02532	,04535
	T2	T0	,03567*	,003403	,000	,02565	,04568
		T1	-,01083*	,003403	,027	-,02085	-,00082
		T3	,00850	,003403	,141	-,00152	,01852
		T4	,01633*	,003403	,000	,00632	,02635
		T5	,02450*	,003403	,000	,01448	,03452
T3	T0	,02717*	,003403	,000	,01715	,03718	
	T1	-,01933*	,003403	,000	-,02935	-,00932	

		T2	-,00850	,003403	,141	-,01852	,00152
		T4	,00783	,003403	,209	-,00218	,01785
		T5	,01600*	,003403	,000	,00598	,02602
	T4	T0	,01933*	,003403	,000	,00932	,02935
		T1	-,02717*	,003403	,000	-,03718	-,01715
		T2	-,01633*	,003403	,000	-,02635	-,00632
		T3	-,00783	,003403	,209	-,01785	,00218
		T5	,00817	,003403	,173	-,00185	,01818
	T5	T0	,01117*	,003403	,020	,00115	,02118
		T1	-,03533*	,003403	,000	-,04535	-,02532
		T2	-,02450*	,003403	,000	-,03452	-,01448
		T3	-,01600*	,003403	,000	-,02602	-,00598
		T4	-,00817	,003403	,173	-,01818	,00185

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 6,947E-5.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Nitrógeno							
	Tratamiento	N	Subconjunto				
			1	2	3	4	5
HSD Tukey ^{a,b}	T0	12	,10550				
	T5	12		,11667			
	T4	12		,12483	,12483		
	T3	12			,13267	,13267	
	T2	12				,14117	
	T1	12					,15200
	Sig.			1,000	,173	,209	,141

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 6,947E-5.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = .05.

- **Fósforo (P)**

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Fósforo					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	328,397 ^a	11	29,854	481,675	,000
Intersección	2314,142	1	2314,142	37336,778	,000
Biofermento	9,813	1	9,813	158,328	,000
Tratamiento	315,358	5	63,072	1017,610	,000
Biofermento * Tratamiento	3,226	5	,645	10,409	,000
Error	3,719	60	,062		
Total	2646,259	72			
Total corregido	332,116	71			

a. R al cuadrado = ,989 (R al cuadrado ajustada = ,987)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Fósforo							
	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	T0	T1	-6,05992*	,101637	,000	-6,35912	-5,76072
		T2	-4,19908*	,101637	,000	-4,49828	-3,89988
		T3	-2,50375*	,101637	,000	-2,80295	-2,20455
		T4	-1,45058*	,101637	,000	-1,74978	-1,15138
		T5	-,66392*	,101637	,000	-,96312	-,36472
	T1	T0	6,05992*	,101637	,000	5,76072	6,35912
		T2	1,86083*	,101637	,000	1,56163	2,16003
		T3	3,55617*	,101637	,000	3,25697	3,85537
		T4	4,60933*	,101637	,000	4,31013	4,90853
		T5	5,39600*	,101637	,000	5,09680	5,69520
	T2	T0	4,19908*	,101637	,000	3,89988	4,49828
		T1	-1,86083*	,101637	,000	-2,16003	-1,56163
		T3	1,69533*	,101637	,000	1,39613	1,99453
		T4	2,74850*	,101637	,000	2,44930	3,04770
		T5	3,53517*	,101637	,000	3,23597	3,83437
T3	T0	2,50375*	,101637	,000	2,20455	2,80295	

		T1	-3,55617*	,101637	,000	-3,85537	-3,25697
		T2	-1,69533*	,101637	,000	-1,99453	-1,39613
		T4	1,05317*	,101637	,000	,75397	1,35237
		T5	1,83983*	,101637	,000	1,54063	2,13903
	T4	T0	1,45058*	,101637	,000	1,15138	1,74978
		T1	-4,60933*	,101637	,000	-4,90853	-4,31013
		T2	-2,74850*	,101637	,000	-3,04770	-2,44930
		T3	-1,05317*	,101637	,000	-1,35237	-,75397
	T5	T5	,78667*	,101637	,000	,48747	1,08587
		T0	,66392*	,101637	,000	,36472	,96312
		T1	-5,39600*	,101637	,000	-5,69520	-5,09680
		T2	-3,53517*	,101637	,000	-3,83437	-3,23597
		T3	-1,83983*	,101637	,000	-2,13903	-1,54063
		T4	-,78667*	,101637	,000	-1,08587	-,48747

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,062.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Fósforo								
	Tratamiento	N	Subconjunto					
			1	2	3	4	5	6
HSD Tukey ^{a,b}	T0	12	3,18975					
	T5	12		3,85367				
	T4	12			4,64033			
	T3	12				5,69350		
	T2	12					7,38883	
	T1	12						9,24967
	Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,062.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = .05.

• Óxido de potasio (K₂O)

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Óxido de Potasio					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1658056,653 ^a	11	150732,423	230,521	,000
Intersección	3445539,566	1	3445539,566	5269,406	,000
Biofermento	2606,576	1	2606,576	3,986	,050
Tratamiento	1651773,448	5	330354,690	505,225	,000
Biofermento * Tratamiento	3676,629	5	735,326	1,125	,357
Error	39232,579	60	653,876		
Total	5142828,798	72			
Total corregido	1697289,232	71			

a. R al cuadrado = ,977 (R al cuadrado ajustada = ,973)

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Óxido de Potasio							
	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	T0	T1	-408,93050 [*]	10,439319	,000	-439,66176	-378,19924
		T2	-267,92108 [*]	10,439319	,000	-298,65234	-237,18982
		T3	-174,82058 [*]	10,439319	,000	-205,55184	-144,08932
		T4	-40,43008 [*]	10,439319	,004	-71,16134	-9,69882
		T5	-3,10000	10,439319	1,000	-33,83126	27,63126
	T1	T0	408,93050 [*]	10,439319	,000	378,19924	439,66176
		T2	141,00942 [*]	10,439319	,000	110,27816	171,74068
		T3	234,10992 [*]	10,439319	,000	203,37866	264,84118
		T4	368,50042 [*]	10,439319	,000	337,76916	399,23168
		T5	405,83050 [*]	10,439319	,000	375,09924	436,56176
	T2	T0	267,92108 [*]	10,439319	,000	237,18982	298,65234
		T1	-141,00942 [*]	10,439319	,000	-171,74068	-110,27816
		T3	93,10050 [*]	10,439319	,000	62,36924	123,83176
		T4	227,49100 [*]	10,439319	,000	196,75974	258,22226
		T5	264,82108 [*]	10,439319	,000	234,08982	295,55234
	T3	T0	174,82058 [*]	10,439319	,000	144,08932	205,55184
		T1	-234,10992 [*]	10,439319	,000	-264,84118	-203,37866

		T2	-93,10050*	10,439319	,000	-123,83176	-62,36924
		T4	134,39050*	10,439319	,000	103,65924	165,12176
		T5	171,72058*	10,439319	,000	140,98932	202,45184
	T4	T0	40,43008*	10,439319	,004	9,69882	71,16134
		T1	-368,50042*	10,439319	,000	-399,23168	-337,76916
		T2	-227,49100*	10,439319	,000	-258,22226	-196,75974
		T3	-134,39050*	10,439319	,000	-165,12176	-103,65924
		T5	37,33008*	10,439319	,009	6,59882	68,06134
	T5	T0	3,10000	10,439319	1,000	-27,63126	33,83126
		T1	-405,83050*	10,439319	,000	-436,56176	-375,09924
		T2	-264,82108*	10,439319	,000	-295,55234	-234,08982
		T3	-171,72058*	10,439319	,000	-202,45184	-140,98932
		T4	-37,33008*	10,439319	,009	-68,06134	-6,59882

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 653,876.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Óxido de Potasio							
	Tratamiento	N	Subconjunto				
			1	2	3	4	5
HSD Tukey ^{a,b}	T0	12	69,55683				
	T5	12	72,65683				
	T4	12		109,98692			
	T3	12			244,37742		
	T2	12				337,47792	
	T1	12					478,48733
	Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 653,876.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = .05.

ANEXO 9
PANEL FOTOGRÁFICO









