

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**IMPACTO DE LA APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN
LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN EL CENTRO POBLADO DE
COMBUCO DEL DISTRITO DE QUILCAPUNCU - PROVINCIA DE SAN**

ANTONIO DE PUTINA, 2026

PRESENTADA POR:

YOVANNA MARIVELLA ESTRADA CAHUAPAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2026



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



18.79%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 2 JUN 2026, 7:33 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL 6.27% ● CHANGED TEXT 12.52%

Report #33507519

YOVANNA MARIVELLA ESTRADA CAHUAPAZA // IMPACTO DE LA APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN EL CENTRO POBLADO DE COMBUCO DEL DISTRITO DE QUILCAPUNCU - PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA, 2026 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo determinar el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina - 2026. La muestra estuvo constituida por dos parcelas agrícolas: PAR1: correspondiente a un suelo con aplicación intensiva de fertilizantes químicos, y PAR2: suelo sin aplicación de fertilizantes. Los resultados del análisis físico-químico mostraron un pH de 6.61 frente a 5.85, una conductividad eléctrica de 0.42 mS/cm frente a 0.22 mS/cm, un contenido de fósforo de 12.08 ppm frente a 6.40 ppm, potasio de 124 ppm frente a 85 ppm y nitrógeno total de 0.10 % frente a 0.06 %. Asimismo, se observó la ausencia de aluminio cambiante (0.00 cmol/kg) en el suelo fertilizado, en contraste con 0.30 cmol/kg en el suelo sin fertilización. Mientras que la variación de los parámetros mostró incrementos porcentuales elevados en la conductividad eléctrica (90,91 %), fósforo (88,75 %), nitrógeno total (66,67 %) y potasio (45,88 %) en el suelo fertilizado, así como una disminución total del aluminio cambiante (-100 %). Por otro lado, el análisis de la relación entre ambos tipos de suelo

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

**IMPACTO DE LA APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN
LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN EL CENTRO POBLADO DE
COMBUCO DEL DISTRITO DE QUILCAPUNCU - PROVINCIA DE SAN
ANTONIO DE PUTINA, 2026**

PRESENTADA POR:

YOVANNA MARIVELLA, ESTRADA CAHUAPAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

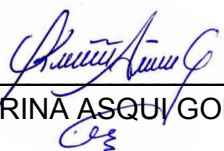
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

: 
Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 12 de junio del 2026

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesaria para culminar esta meta académica.

Dedico esta tesis, en primer lugar, a la memoria de mi querido padre y de mi amado hermano, quienes, aunque ya no se encuentran físicamente a mi lado, permanecen vivos en mi corazón y en cada uno de mis logros. Su recuerdo, enseñanzas y amor incondicional han sido una fuente permanente de fortaleza, inspiración y perseverancia durante este camino académico.

A mi madre, por su amor infinito, sacrificio, comprensión y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por ser el pilar fundamental que me impulsó a seguir adelante aun en los momentos más difíciles.

A mi hermana, por su compañía, cariño, confianza y palabras de aliento, que me brindaron la motivación necesaria para culminar esta importante meta.

Este trabajo es el reflejo de los valores, el amor y la fortaleza que he recibido de ustedes. A quienes partieron, por iluminar mi camino desde el cielo; y a quienes permanecen a mi lado, por acompañarme y compartir conmigo la alegría de este logro.

Con todo mi amor y gratitud.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una sólida formación profesional basada en valores, conocimientos científicos y compromiso social, que me permiten contribuir al desarrollo sostenible de mi región.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por inculcar en mí el espíritu de investigación, la responsabilidad ambiental y el amor por la protección de nuestros recursos naturales.

A los miembros del jurado calificador, por su tiempo, observaciones y valiosos aportes académicos que permitieron enriquecer y fortalecer esta investigación.

A mi asesor M.Sc. Luis Alberth Rossel Bernedo, por su orientación permanente, paciencia, consejos oportunos y apoyo incondicional durante todo el proceso de elaboración de este trabajo, guiándome hasta la culminación de esta investigación.

Finalmente, dedico este trabajo a todos los agricultores del centro poblado de Combuco, con el sincero deseo de que este estudio contribuya al cuidado del suelo, al uso responsable de los fertilizantes y al desarrollo sostenible de nuestra comunidad y de las futuras generaciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. LOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS.	22

2.1.2. UTILIZACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS.	23
2.1.3. PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS.	23
2.1.4. FERTILIZANTES QUÍMICOS.	24
2.1.5. COMPOSICIÓN Y USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS	24
2.1.6. EL SUELO.	26
2.1.7. INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS CAMBIOS EN EL SUELO.	27
2.1.7. CONTAMINACIÓN DEL SUELO	29
2.1.8. DEGRADACIÓN DE SUELOS.	30
2.1.9. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD.	31
2.2. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3. MARCO NORMATIVO	33
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	34
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	34
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	34
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	36
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	38
3.2.1. POBLACIÓN.	38
3.2.2. MUESTRA.	38
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	40
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	40
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	40
3.3.3. MÉTODO.	40
3.3.4. TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.3.5. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	41

3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	44
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	45
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS CON APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y DE AQUELLOS SIN APLICACIÓN EN EL CENTRO POBLADO DE COMBUCO, 2026.	46
4.2. VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO AGRÍCOLA ENTRE PARCELAS CON APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y PARCELAS SIN APLICACIÓN EN EL CENTRO POBLADO DE COMBUCO, 2026.	48
4.3. RELACIÓN ENTRE EL SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.	53
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	55
4.5.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	55
4.5.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	56
4.5.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	57
4.5.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Función principal en la planta de los fertilizantes químicos.	25
Tabla 02: Indicadores físicos, químicas y biológicos, para evaluar suelos.	28
Tabla 03: Ubicación de las parcelas de donde se extrajo las muestras de suelo.	40
Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación.	44
Tabla 05: Concentraciones de los parámetros en los suelos analizados.	46
Tabla 06: Matriz de correlación de pearson entre las 02 muestras.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la comunidad de Combuco en el distrito de Quilcapuncu.	37
Figura 02: Ubicación de los puntos de muestreo en la comunidad de Combuco.	39
Figura 03: Variación de los parámetros físico-químicos, entre ambas muestras.	49
Figura 04: Variación de los parámetros del análisis mecánico del suelo de ambas muestras.	51
Figura 05: Diagrama de dispersión de los datos de las muestras PAR1 y PAR2.	53
Figura 06: Vista panorámica de las parcelas agrícolas evaluadas en el centro poblado de Combuco.	70
Figura 07: Parcela agrícola con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (PAR1) destinada al cultivo de papa.	70
Figura 08: Recolección de submuestras de suelo para la conformación de muestras compuestas.	71
Figura 09: Procedimiento de muestreo de suelo mediante el método en zigzag en la parcela PAR1.	71
Figura 10: Parcela agrícola con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (PAR1) destinada al cultivo de papa.	72
Figura 11: Proceso de delimitación de las parcelas agrícolas para el muestreo de suelo.	72
Figura 12: Procedimiento de muestreo de suelo mediante el método en zigzag en la parcela PAR2.	73
Figura 13: Parcela agrícola sin aplicación de fertilizantes químicos (PAR2) destinada al cultivo de papa.	73
Figura 14: Homogeneización de las submuestras de suelo obtenidas en campo.	74
Figura 15: Embolsado y etiquetado de las muestras de suelo en bolsas herméticas tipo Ziploc.	74
Figura 16: Traslado de las muestras de suelo al laboratorio para el análisis físico-químico.	75

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación	68
Anexo 02: Análisis de laboratorio.	69
Anexo 03: Galería fotográfica.	70

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina - 2026. La muestra estuvo constituida por dos parcelas agrícolas: PAR1: correspondiente a un suelo con aplicación intensiva de fertilizantes químicos, y PAR2: suelo sin aplicación de fertilizantes. Los resultados del análisis físico-químico mostraron un pH de 6.61 frente a 5.85, una conductividad eléctrica de 0.42 mS/cm frente a 0.22 mS/cm, un contenido de fósforo de 12.08 ppm frente a 6.40 ppm, potasio de 124 ppm frente a 85 ppm y nitrógeno total de 0.10 % frente a 0.06 %. Asimismo, se observó la ausencia de aluminio cambiante (0.00 cmol/kg) en el suelo fertilizado, en contraste con 0.30 cmol/kg en el suelo sin fertilización. Mientras que la variación de los parámetros mostró incrementos porcentuales elevados en la conductividad eléctrica (90,91 %), fósforo (88,75 %), nitrógeno total (66,67 %) y potasio (45,88 %) en el suelo fertilizado, así como una disminución total del aluminio cambiante (-100 %). Por otro lado, el análisis de la relación entre ambos tipos de suelo evidenció una correlación positiva muy alta y significativa ($r = 0,980$; $p = 0,002$), lo que indica que, si bien los suelos presentan una tendencia similar en el comportamiento de sus propiedades, la aplicación de fertilizantes químicos intensifica las concentraciones de dichos parámetros. Concluyendo que la aplicación intensiva de fertilizantes químicos impacta significativamente en la degradación del suelo agrícola del centro poblado de Combuco, evidenciándose alteraciones físico-químicas y mecánicas que afectan negativamente la calidad del suelo, principalmente a través del incremento de sales solubles y nutrientes disponibles, así como por la reducción del contenido de materia orgánica, elementos fundamentales para la sostenibilidad del sistema agrícola.

Palabras claves: Degradación, Fertilizantes, Físico-químicos, Suelos.

ABSTRACT

This research aimed to determine the impact of intensive chemical fertilizer application on agricultural soil degradation in the town of Combuco, Quilcapuncu district, San Antonio de Putina province - 2026. The sample consisted of two agricultural plots: PAR1, corresponding to soil with intensive chemical fertilizer application, and PAR2, soil without fertilizer application. The results of the physicochemical analysis showed a pH of 6.61 versus 5.85, an electrical conductivity of 0.42 mS/cm versus 0.22 mS/cm, a phosphorus content of 12.08 ppm versus 6.40 ppm, potassium of 124 ppm versus 85 ppm, and total nitrogen of 0.10% versus 0.06%. Furthermore, exchangeable aluminum (0.00 cmol/kg) was absent in the fertilized soil, compared to 0.30 cmol/kg in the unfertilized soil. The variation in soil parameters showed significant percentage increases in electrical conductivity (90.91%), phosphorus (88.75%), total nitrogen (66.67%), and potassium (45.88%) in the fertilized soil, as well as a complete decrease in exchangeable aluminum (-100%). On the other hand, the analysis of the relationship between the two soil types revealed a very high and significant positive correlation ($r = 0.980$; $p = 0.002$), indicating that, while the soils exhibit a similar trend in their properties, the application of chemical fertilizers intensifies the concentrations of these parameters. In conclusion, the intensive application of chemical fertilizers significantly impacts the degradation of agricultural soil in the town of Combuco, revealing physical-chemical and mechanical alterations that negatively affect soil quality, primarily through increased soluble salts and available nutrients, as well as a reduction in organic matter content—elements fundamental to the sustainability of the agricultural system.

Keywords: Degradation, Fertilizers, Physical-chemical, Soils.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito identificar el impacto real de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola, generando información técnica y científica útil para los agricultores del centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, en el Perú. Los resultados obtenidos permitirán establecer recomendaciones orientadas al uso adecuado de fertilizantes, el manejo sostenible del suelo y la incorporación de alternativas de fertilización orgánica o integrada, con el objetivo de mejorar la productividad agrícola sin comprometer la calidad del recurso suelo. Asimismo, esta investigación podrá servir como base técnica para futuras intervenciones de instituciones agrarias, proyectos de desarrollo rural y programas de capacitación dirigidos a los productores locales.

El estudio adquiere relevancia social debido a que la agricultura constituye la principal fuente de sustento económico para las familias del centro poblado de Combuco. La degradación del suelo agrícola puede ocasionar la disminución de los rendimientos de los cultivos, reducción de ingresos familiares, inseguridad alimentaria y migración rural (Combatt et al., 2017). Al proporcionar evidencia científica sobre los efectos del uso intensivo de fertilizantes químicos, esta investigación contribuirá a mejorar las prácticas agrícolas, fortalecer la economía local y promover el bienestar de las comunidades campesinas, favoreciendo el desarrollo sostenible y la calidad de vida de la población.

La investigación es importante porque el suelo es un recurso natural esencial para el equilibrio de los ecosistemas y la sostenibilidad de la producción agrícola (INIA, 2022). El uso excesivo de fertilizantes químicos puede provocar procesos de acidificación, salinización, pérdida de materia orgánica, alteración de la microbiota del suelo y contaminación de aguas superficiales y subterráneas por nitratos y fosfatos. Evaluar estos efectos permitirá generar información clave para promover prácticas agrícolas sostenibles, conservar la fertilidad natural del suelo, proteger la biodiversidad y prevenir la contaminación ambiental en la zona de estudio, contribuyendo así a la protección del ambiente y al uso responsable de los recursos naturales para las futuras generaciones.

El desarrollo del presente documento se ha dividido en los siguientes apartados:

Capítulo I, donde se expone el problema citando información relevante relacionada con la investigación; posteriormente se presentan antecedentes de carácter internacional, nacional y local, para finalmente formular los objetivos del estudio.

Capítulo II, en el cual se desarrollan los fundamentos teóricos y conceptuales que sustentan la investigación, se revisa la normatividad nacional vigente y se plantean las hipótesis del trabajo.

Capítulo III, donde se describe la metodología empleada, la zona de estudio, la población y muestra, así como el tratamiento estadístico aplicado en la investigación.

Capítulo IV, en el que se presentan los resultados obtenidos, su análisis e interpretación correspondiente; finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio realizado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la intensificación agrícola ha incrementado significativamente el uso de fertilizantes químicos como estrategia para elevar la productividad de los cultivos y garantizar la seguridad alimentaria (United Nations, 2022). Sin embargo, organismos internacionales como la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente advierten que el uso excesivo y continuo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados está generando procesos de degradación del suelo, tales como acidificación, salinización, pérdida de materia orgánica y reducción de la biodiversidad microbiana (FAO, 2022). Estos procesos afectan la capacidad productiva de los suelos agrícolas y contribuyen a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, constituyendo un problema ambiental y socioeconómico global que amenaza la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

En América Latina, la expansión de la frontera agrícola y la adopción de modelos de producción intensiva han incrementado el uso de fertilizantes químicos sin una adecuada planificación técnica (García, 2025). Según informes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, muchos países de la región presentan suelos degradados debido al manejo inadecuado de insumos agrícolas, la escasa rotación de cultivos y la limitada capacitación de los productores (Garcilazo, 2025). Esta situación genera disminución de la fertilidad natural del suelo, dependencia de insumos externos y reducción de la productividad a largo plazo, afectando principalmente a pequeños

agricultores que dependen directamente del recurso suelo para su subsistencia.

En el Perú, la agricultura familiar constituye una actividad económica fundamental en zonas rurales altoandinas (AGQ-Labs, 2025). No obstante, el uso intensivo de fertilizantes químicos sin asesoramiento técnico ha provocado alteraciones en las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, como la disminución de materia orgánica, variaciones en el pH, acumulación de sales y contaminación por nitratos. El Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2025) han señalado la necesidad de promover prácticas agrícolas sostenibles para evitar la degradación del suelo, ya que esta problemática compromete la seguridad alimentaria, la economía rural y la conservación de los ecosistemas.

En el centro poblado de Combuco, ubicado en el distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, la actividad agrícola constituye la principal fuente de sustento de la población (LA-DECANA, 2025). En los últimos años, los agricultores han incrementado el uso de fertilizantes químicos con el objetivo de mejorar el rendimiento de cultivos como papa, quinua y cebada, sin contar en muchos casos con asesoramiento técnico sobre dosis adecuadas ni evaluación de la calidad del suelo. Esta situación ha generado indicios de degradación del suelo, evidenciados en la disminución de la productividad, cambios en la textura y estructura del suelo, pérdida de materia orgánica y posible contaminación de fuentes de agua cercanas (Chambi, 2024). A pesar de la importancia del recurso suelo para la economía local, no existen estudios técnicos suficientes que evalúen el impacto real de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en Combuco. La ausencia de información científica limita la implementación de estrategias de manejo sostenible y la toma de decisiones por parte de agricultores y autoridades.

Por ello, surge la necesidad de investigar el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, con el fin de generar información confiable que contribuya a la conservación del suelo, la

sostenibilidad agrícola y el bienestar de la población local.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los resultados del análisis físico-químico de los suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y de aquellos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026?
- ¿Cuál es la variación de los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026?
- ¿Cuál es la relación entre el suelo agrícola cultivado con fertilizantes químicos y el suelo cultivado sin fertilizantes en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Calle (2021), tuvo como objetivo determinar el grado de contaminación por agroquímicos y la acumulación de cadmio y plomo en suelos agrícolas destinados al cultivo de cacao en el sector La Isla del recinto La Resistencia, ubicado en el cantón Coronel Marcelino Maridueña. La muestra comprendió tres fincas seleccionadas, en las cuales se realizó un muestreo a tres profundidades distintas: 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm. Asimismo, se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ($P < 0,05$) con el fin de identificar posibles diferencias significativas entre profundidades. En cuanto a los resultados, las concentraciones de cadmio registradas en las tres profundidades fueron de 0.33 mg/kg, 0.27 mg/kg y 0.34 mg/kg, respectivamente. Por su parte, los valores de plomo alcanzaron 9.31 mg/kg, 9.07 mg/kg y 8.95 mg/kg. El análisis estadístico evidenció que no existieron diferencias significativas entre las profundidades evaluadas, lo que

indica una distribución relativamente homogénea de ambos metales pesados en el perfil del suelo estudiado. Estos hallazgos permitieron valorar el nivel de acumulación de metales en relación con la normativa ambiental vigente.

Gras y Mantuano (2024), evaluaron el empleo de fertilizantes químicos y su incidencia en la degradación del suelo agrícola en la finca Alejandro Ponce, ubicada en la parroquia La América, al norte del cantón Jipijapa. La población estuvo conformada por el sistema agrícola de la finca Alejandro Ponce y los agricultores que desarrollan actividades productivas en ella. La muestra incluyó a los productores encuestados —quienes participaron en la recolección de información y muestras de suelo tomadas para su respectivo análisis físico-químico en laboratorio. En relación con los resultados, se determinó que el 100% de los agricultores encuestados utilizan fertilizantes químicos en sus prácticas agrícolas. El análisis de laboratorio evidenció los siguientes valores en el suelo: Plomo: 2.9876 mg/kg, Zinc: 18.53052 mg/kg, pH: 7.88 (neutro), Fósforo total: 0, Potasio: 1.3698 mg/kg, Calcio: 14350.0000, Magnesio: 1800.0000 mg/kg, Manganeso: 183.0000 mg/kg, Hierro: 8250 mg/kg, Cobre: 13.0000 mg/kg, Azufre: 0, Humedad: 30.9%, Salinidad: 30.09% y Conductividad: 0.07%. Con base en estos resultados, se concluyó que el suelo de la finca es apto para la actividad agrícola.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

Longa y Rodríguez (2021), analizaron el uso de fertilizantes químicos y abonos orgánicos frente a la contaminación del suelo en el cultivo de papa. La población estuvo constituida por los suelos agrícolas destinados al cultivo de papa donde se aplican fertilizantes químicos y abonos orgánicos. La muestra comprendió parcelas experimentales sometidas a ambos tipos de fertilización. En cuanto a los resultados, se evidenció que al término del cultivo de papa el uso de fertilizantes químicos ocasionó un mayor impacto negativo en el suelo, generando infertilidad y acidez edáfica. Asimismo, se determinó que los fertilizantes químicos alcanzaron concentraciones de 1.8% de fósforo, 2.17% de nitrógeno y 3.8% de potasio; mientras que con la aplicación de abonos orgánicos se registraron valores superiores de 7.1% de fósforo, 6.7% de nitrógeno y 3.91% de potasio. Estos

hallazgos permitieron comparar la incidencia de ambos tipos de insumos en la calidad y fertilidad del suelo agrícola.

Sanchez (2021), evaluó las características físico-químicas del suelo en parcelas con diferentes años de antigüedad del cultivo de *Erythroxylum coca*. La población estuvo conformada por los suelos agrícolas del caserío Bajo Chimbote dedicados al cultivo de coca. La muestra comprendió tres parcelas diferenciadas por su antigüedad: 1 año (M1), 2 años (M2) y 3 años (M3) de establecimiento del cultivo. En relación con los resultados, el análisis mecánico indicó que el suelo M1 presentó textura franco arcillo arenoso, mientras que M2 y M3 fueron arcillosos. El pH evidenció condiciones ácidas con valores de 4.41 (M1), 4.35 (M2) y 4.35 (M3). La conductividad eléctrica (mS/cm) fue de 0.132 (M1), 0.88 (M2) y 0.108 (M3). En cuanto a materia orgánica (%) se registraron 0.75 (M1), 1.66 (M2) y 2.01 (M3). El porcentaje de nitrógeno fue de 0.04 (M1), 0.08 (M2) y 0.10 (M3); el fósforo (ppm) alcanzó 1.67 (M1), 2.23 (M2) y 1.43 (M3); y el potasio (ppm) presentó valores de 102, 79 y 97 respectivamente. La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe) mostró 9.92 (M1), 15.86 (M2) y 16.82 (M3). Finalmente, el cadmio (ppm) reportó concentraciones de 0.016 (M1), 0.014 (M2) y 0.004 (M3). Se concluyó que la aplicación continua de agroquímicos en estos cultivos está asociada con la acidificación del suelo y con bajos niveles de macronutrientes en las áreas evaluadas, evidenciando un deterioro progresivo de la calidad edáfica.

Jiménez (2022), determinó si el uso de agroquímicos en el cultivo de papa influye en la contaminación del suelo agrícola en el distrito de Chinchero, durante el periodo 2020-2021.. La población estuvo constituida por los suelos agrícolas dedicados al cultivo de papa en las microcuencas de Piura y Huaypo. En cuanto a los resultados, se confirmó la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados como Dichlorvos y Endosulfan (α y β), así como organofosforados como Malatión, evidenciando contaminación por agroquímicos. El suelo presentó textura franco limosa, con capacidad de retención de agua que reduce la permeabilidad y favorece la acumulación de compuestos. En el análisis químico, el pH alcanzó un valor de 6.6, dentro del rango de neutralidad; sin

embargo, la materia orgánica mostró niveles bajos de 1 - 0.8%. En el aspecto biológico, se identificaron organismos como Nematoda y Arcella sp., con valores menores a 1 org/g de suelo, tanto en áreas cultivadas como no cultivadas, evidenciando una disminución en la población microbiana atribuida a la aplicación constante de agroquímicos.

Asencios (2023), identificó la problemática asociada al uso de fertilizantes sintéticos en la actividad agrícola y analizar los beneficios del empleo de fertilizantes orgánicos en el distrito de Mirgas, departamento de Ancash - 2023. La población estuvo conformada por agricultores del distrito de Mirgas. La muestra comprendió a los productores que participaron en el estudio mediante la recopilación de información directa sobre sus prácticas de fertilización y su percepción respecto a los beneficios ambientales. En cuanto a los resultados, se evidenció que el 44.85% de los participantes utiliza fertilizantes orgánicos, el 8.91% emplea únicamente fertilizantes inorgánicos y el 46.24% combina ambos tipos. Respecto al conocimiento sobre los beneficios ambientales de los fertilizantes orgánicos, el 61.00% manifestó estar informado, mientras que el 39.00% indicó desconocer sus ventajas. En conclusión, los hallazgos permitieron determinar la problemática vinculada al uso de fertilizantes sintéticos y destacar la importancia del empleo de alternativas orgánicas entre los agricultores del distrito evaluado.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.

Lima (2024), evaluaron el nivel de contaminación del suelo agrícola ocasionado por el uso de agroquímicos industriales en la comunidad de Villa Sicata. La muestra comprendió Parcela 1 (suelo con abono natural) y una Parcela 4 (suelo con fertilizante químico). En cuanto a los resultados, el suelo con fertilizante químico presentó un pH de 5.63, evidenciando mayor acidez en comparación con el suelo con abono natural que registró 7.19. La conductividad eléctrica fue de 0.15 mS/cm en la parcela con fertilizante químico y 0.18 mS/cm en la parcela con abono natural. El contenido de fósforo alcanzó 6.8 ppm y el potasio 130 ppm en el suelo con fertilización química, valores superiores a los obtenidos en el suelo con abono natural (5.6 ppm de fósforo y 106 ppm de potasio). La materia orgánica fue de 0.8% en la parcela con fertilizante químico y 0.6% en la parcela con

abono natural, mientras que la saturación de bases mostró una diferencia considerable con 72% frente a 8.3%, respectivamente. En ambos casos, el carbonato de calcio fue 0%. Se concluyó que el nivel de contaminación por agroquímicos es elevado, recomendándose adoptar medidas de concientización y manejo adecuado.

Aduviri (2024), determinó el impacto ambiental generado por el uso de fertilizantes artificiales en la degradación de los suelos agrícolas de la comunidad de Chojña Chojñani - Pilcuyo, 2023. La muestra comprendió tres unidades de análisis obtenidas mediante el método de muestreo en zigzag: M1 (suelo nunca cultivado), M2 (suelo cultivado con fertilizantes artificiales) y M3 (suelo en descanso por al menos cinco años). En cuanto a los resultados, se evidenció una marcada degradación en el suelo tratado con fertilizantes artificiales, destacando una acidez extrema con $\text{pH} = 3.9$, un cambio en la textura hacia condiciones más arcillosas y arenosas, y una reducción de la materia orgánica hasta 1.7%. El contenido de nitrógeno disminuyó a 0.06%, mientras que el potasio registró 269.79 mg/kg, valor inferior al del suelo no cultivado. En contraste, el fósforo alcanzó 27.1 mg/kg, cifra mayor respecto al terreno sin intervención reciente. Asimismo, se determinó que el 98.7% de los comuneros emplea fertilizantes artificiales. El análisis comparativo reveló que, de 15 parámetros físico-químicos evaluados, 12 presentaron diferencias entre las tres muestras, y los 4 parámetros de textura mostraron variaciones totales. Finalmente, el análisis de correlación indicó una relación significativa entre M1 y M2 con un coeficiente de Pearson de 0.988, mientras que M3 no presentó correlación con las anteriores.

Quenta (2024), evaluó el efecto de la contaminación generada por la aplicación de fertilizantes químicos en la calidad del suelo destinado al cultivo de *Solanum tuberosum* - 2023, en llave. La población estuvo constituida por los suelos agrícolas dedicados al cultivo de papa. En cuanto a los resultados, se evidenció que el uso de fertilizantes químicos generó un mayor impacto negativo en el suelo, produciendo infertilidad y acidez edáfica. Asimismo, se determinó que con fertilizantes químicos se alcanzaron concentraciones de 1.8% de fósforo, 2.17% de nitrógeno y 3.8% de potasio; mientras que

con abonos orgánicos los valores fueron superiores, registrándose 7.1% de fósforo, 6.7% de nitrógeno y 3.91% de potasio. Estos hallazgos demostraron que la aplicación intensiva de fertilizantes sintéticos incide de manera significativa en la degradación de la calidad del suelo agrícola.

Tintaya (2025), evaluó el efecto de la utilización de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Villa Socca - Acora. La muestra: M1 (suelo cultivado con aplicación de fertilizantes químicos) y M2 (suelo cultivado sin uso de fertilizantes químicos). En cuanto a los resultados, los valores obtenidos fueron los siguientes: pH 6.64 (M1) y 6.62 (M2); conductividad eléctrica 0.40 mS/cm en ambos casos; fósforo 12.02 ppm (M1) y 11.95 ppm (M2); potasio 120 ppm (M1) y 110 ppm (M2); nitrógeno total 0.10% (M1) y 0.05% (M2); y materia orgánica 2.00% (M1) frente a 1.90% (M2). En relación con la textura, ambos suelos fueron clasificados como franco arenosos. El análisis de variación indicó que el nitrógeno total presentó el mayor incremento con 100% en M1, seguido del potasio con 9% y el fósforo con 1%. En la fracción textural, la arena aumentó en 12%, mientras que la arcilla y el limo disminuyeron en 50% y 25%, respectivamente; la materia orgánica mostró una ligera reducción de 5%. Otros parámetros como pH, conductividad eléctrica, carbonatos, aluminio intercambiable y clase textural no evidenciaron cambios relevantes. Finalmente, el coeficiente de correlación de Spearman arrojó un valor de $\rho = 0.991$ con $p < 0.01$, indicando una alta similitud entre ambos suelos. En consecuencia, se concluyó que la aplicación de fertilizantes químicos no generó una alteración significativa en las propiedades físico-químicas del suelo evaluado.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar los resultados del análisis físico-químico de los suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y de aquellos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.
- Comparar la variación de los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.
- Analizar la relación entre el suelo agrícola cultivado con fertilizantes químicos y el suelo cultivado sin fertilizantes en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. LOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS.

Los fertilizantes orgánicos son insumos de origen natural, provenientes de materiales vegetales, animales o residuos orgánicos transformados mediante procesos biológicos como la descomposición, fermentación o compostaje. Su principal función es aportar nutrientes esenciales al suelo y a las plantas, mejorando al mismo tiempo las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, a diferencia de los fertilizantes sintéticos que se enfocan principalmente en el suministro inmediato de nutrientes minerales (Campos et al., 2022).

Entre los principales tipos de fertilizantes orgánicos se encuentran el estiércol animal, el compost, el humus de lombriz, el guano, los residuos de cosecha incorporados al suelo y los abonos verdes. Cada uno posee características particulares en cuanto a concentración de nutrientes y velocidad de descomposición, por lo que su selección depende del tipo de cultivo, las condiciones climáticas y las necesidades específicas del suelo (Huerta et al., 2019).

En términos ambientales, el uso de fertilizantes orgánicos está asociado a prácticas de agricultura sostenible, ya que promueve el reciclaje de residuos, disminuye la dependencia de insumos químicos y reduce la contaminación del suelo y del agua. Además, contribuye a la mitigación del cambio climático al favorecer el secuestro de carbono en el suelo.

2.1.2. UTILIZACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS.

La utilización de fertilizantes orgánicos constituye una práctica agrícola orientada a mejorar la fertilidad del suelo y el desarrollo de los cultivos mediante la incorporación de insumos de origen natural. Esta práctica implica el empleo de materiales orgánicos como estiércol, compost, humus de lombriz, guano, residuos vegetales y abonos verdes, los cuales aportan nutrientes esenciales y favorecen la sostenibilidad de los sistemas productivos (Cotrina et al., 2020).

Desde una perspectiva agronómica, la aplicación de fertilizantes orgánicos se fundamenta en la restitución de nutrientes al suelo de manera progresiva y equilibrada. A diferencia de los fertilizantes químicos, cuya liberación es rápida y de efecto inmediato, los orgánicos requieren procesos de descomposición biológica para que sus componentes sean transformados en formas asimilables por las plantas. Este mecanismo permite una nutrición más estable en el tiempo, disminuyendo pérdidas por lixiviación y reduciendo el riesgo de contaminación ambiental (Khan et al., 2024).

2.1.3. PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS.

Las propiedades físico-químicas de los fertilizantes orgánicos comprenden el conjunto de características estructurales, físicas y químicas que determinan su comportamiento en el suelo, su capacidad para aportar nutrientes y su influencia en la fertilidad edáfica. Estas propiedades varían según el origen del material (animal, vegetal o mixto), el grado de descomposición y el proceso de transformación al que hayan sido sometidos (compostaje, vermicompostaje, fermentación, entre otros) (Godoy, 2025).

Propiedades físicas

Entre las principales propiedades físicas se encuentra la textura, que depende del tamaño de las partículas del material orgánico y de su grado de descomposición. Los fertilizantes orgánicos pueden presentarse en forma sólida (estiércol, compost), semisólida o líquida (bioles), lo que influye en su facilidad de aplicación y en la velocidad de incorporación al suelo.

Propiedades químicas

Desde el punto de vista químico, los fertilizantes orgánicos contienen nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), además de calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y micronutrientes como hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobre (Cu). La concentración de estos elementos depende del origen del material y de su proceso de transformación.

2.1.4. FERTILIZANTES QUÍMICOS.

Los fertilizantes químicos, también denominados fertilizantes sintéticos o inorgánicos, son productos elaborados industrialmente mediante procesos químicos destinados a suministrar nutrientes esenciales de manera directa y concentrada a los cultivos. Su principal finalidad es incrementar la productividad agrícola a través del aporte inmediato de elementos indispensables para el crecimiento y desarrollo vegetal, tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), conocidos como macronutrientes primarios (Cardona et al., 2015).

Estos fertilizantes se caracterizan por su alta solubilidad en agua, lo que facilita que los nutrientes estén disponibles rápidamente para la absorción radicular. Esta cualidad permite obtener respuestas inmediatas en el crecimiento de las plantas, razón por la cual han sido ampliamente utilizados en sistemas agrícolas intensivos y comerciales. Entre los productos más comunes se encuentran la urea, el nitrato de amonio, el superfosfato triple y el cloruro de potasio. En el aspecto agronómico, los fertilizantes químicos favorecen el aumento del rendimiento de los cultivos al estimular procesos fisiológicos como la fotosíntesis, el desarrollo radicular y la formación de frutos o tubérculos. El nitrógeno, por ejemplo, promueve el crecimiento vegetativo; el fósforo interviene en la transferencia de energía y en la formación de raíces; y el potasio regula procesos metabólicos y la resistencia a enfermedades (Calva & Espinosa, 2017).

2.1.5. COMPOSICIÓN Y USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS

La composición y el uso de los fertilizantes químicos constituyen aspectos fundamentales dentro de la agricultura moderna, ya que estos insumos están diseñados para

proporcionar nutrientes esenciales en formas fácilmente asimilables por las plantas, permitiendo mejorar el crecimiento vegetal y aumentar la productividad de los cultivos (López & Barrantes, 2017).

Tabla 01: Función principal en la planta de los fertilizantes químicos.

Tipo de nutriente	Elemento	Función principal en la planta	Fuentes comunes en fertilizantes químicos
Macronutriente primario	Nitrógeno	Crecimiento vegetativo, formación de hojas y proteínas	Urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio
Macronutriente primario	Fósforo	Desarrollo radicular, floración y transferencia de energía	Superfosfato simple/triple, fosfato diamónico (DAP)
Macronutriente primario	Potasio	Regulación hídrica, resistencia a enfermedades y calidad del fruto	Cloruro de potasio, sulfato de potasio
Macronutriente secundario	Calcio	Formación de paredes celulares y estructura vegetal	Nitrato de calcio, cal agrícola
Macronutriente secundario	Magnesio	Componente de la clorofila, fotosíntesis	Sulfato de magnesio
Macronutriente secundario	Azufre	Síntesis de proteínas y enzimas	Sulfato de amonio, yeso agrícola
Micronutriente	Hierro	Formación de clorofila y transporte de electrones	Quelatos de hierro
Micronutriente	Zinc	Activación enzimática y crecimiento vegetal	Sulfato de zinc
Micronutriente	Manganeso	Participa en la fotosíntesis y metabolismo del nitrógeno	Sulfato de manganeso

Tipo de nutriente	Elemento	Función principal en la planta	Fuentes comunes en fertilizantes químicos
Micronutriente	Cobre	Formación de enzimas y procesos respiratorios	Sulfato de cobre
Micronutriente	Boro	Desarrollo celular y formación de frutos	Borato de sodio
Micronutriente	Molibdeno	Fijación biológica del nitrógeno	Molibdato de amonio

Fuente: (Hadas & Rosenberg, 2022)

Los fertilizantes químicos son productos de origen industrial elaborados mediante procesos físicos y químicos que concentran elementos nutritivos específicos necesarios para el desarrollo agrícola.

El uso de fertilizantes químicos tiene como finalidad principal corregir deficiencias nutricionales del suelo y asegurar un suministro adecuado de nutrientes durante las etapas críticas del cultivo. Su aplicación puede realizarse mediante distintos métodos, entre ellos (Saucedo et al., 2024):

- Aplicación al suelo: incorporación directa antes o durante la siembra.
- Fertilización localizada: colocación del fertilizante cerca de la raíz para mejorar la eficiencia de absorción.
- Fertirrigación: disolución del fertilizante en el agua de riego.
- Aplicación foliar: suministro de nutrientes a través de las hojas en situaciones específicas.

2.1.6. EL SUELO.

El suelo es un recurso natural fundamental para la vida en el planeta, considerado un sistema dinámico, complejo y vivo que se forma a partir de la desintegración y transformación de las rocas bajo la influencia del clima, los organismos, el relieve y el tiempo. Constituye la capa superficial de la corteza terrestre donde interactúan componentes minerales, materia orgánica, agua, aire y una amplia diversidad de

organismos vivos, creando un medio adecuado para el crecimiento de las plantas y el desarrollo de múltiples procesos ecológicos (Jiménez, 2017).

Desde el punto de vista científico, el suelo es definido como un cuerpo natural organizado en horizontes o capas, que presentan características físicas, químicas y biológicas diferenciadas. Estos horizontes se desarrollan progresivamente a lo largo del tiempo mediante procesos de meteorización, acumulación de materia orgánica y actividad biológica. La formación del suelo puede tardar cientos o miles de años, lo que lo convierte en un recurso prácticamente no renovable a escala humana.

2.1.7. INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS CAMBIOS EN EL SUELO.

Los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo son parámetros utilizados para evaluar su estado, calidad, funcionalidad y los cambios que experimenta como consecuencia de procesos naturales o actividades antrópicas. Estos indicadores permiten diagnosticar el nivel de fertilidad, degradación, contaminación o recuperación del suelo, constituyéndose en herramientas fundamentales para la gestión sostenible de los recursos edáficos (Álvarez et al., 2021).

El suelo es un sistema dinámico que responde continuamente a factores como el clima, el uso agrícola, la aplicación de fertilizantes, la mecanización, el riego y la cobertura vegetal. Por ello, el análisis integral de sus indicadores físicos, químicos y biológicos permite comprender su capacidad productiva y su equilibrio ecológico.

Tabla 02. Indicadores físicos, químicas y biológicos, para evaluar suelos.

Tipo	Indicador	¿Qué evalúa?	Importancia en los cambios del suelo
Físico	Textura (arena, limo, arcilla)	Proporción de partículas minerales	Determina retención de agua y nutrientes; influye en erosión y fertilidad
	Estructura	Organización de las partículas en agregados	Afecta infiltración, aireación y desarrollo radicular
	Densidad aparente	Grado de compactación del suelo	Altos valores limitan el crecimiento de raíces
	Porosidad	Cantidad de espacios vacíos	Regula movimiento de agua y aire
	Capacidad de retención de agua	Cantidad de agua disponible para plantas	Influye en productividad agrícola
Químico	pH	Nivel de acidez o alcalinidad	Afecta disponibilidad de nutrientes
	Conductividad eléctrica (CE)	Concentración de sales solubles	Detecta salinización
	Materia orgánica	Contenido de residuos orgánicos descompuestos	Mejora fertilidad y estructura
	Nitrógeno (N)	Disponibilidad de nutriente esencial	Influye en crecimiento vegetativo
	Fósforo (P)	Disponibilidad para raíces y floración	Determina desarrollo radicular

Tipo	Indicador	¿Qué evalúa?	Importancia en los cambios del suelo
	Potasio (K)	Regulación fisiológica vegetal	Mejora resistencia y calidad del fruto
	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Capacidad de retener nutrientes	Indica fertilidad potencial
	Metales pesados	Presencia de contaminantes	Evalúa contaminación del suelo
Biológico	Biomasa microbiana	Cantidad de microorganismos	Indica actividad biológica
	Actividad enzimática	Intensidad de procesos metabólicos	Refleja dinámica de nutrientes
	Diversidad microbiana	Variedad de especies del suelo	Indica estabilidad ecológica
	Macrofauna (lombrices, insectos)	Presencia de organismos visibles	Mejora estructura y aireación
	Tasa de descomposición	Velocidad de degradación de residuos	Relacionada con reciclaje de nutrientes

Fuente. (Volverás et al., 2020)

2.1.7. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La contaminación del suelo es el proceso mediante el cual este recurso natural sufre alteraciones en su composición física, química o biológica debido a la incorporación de sustancias extrañas o en concentraciones superiores a las naturales, generando efectos

adversos sobre su calidad, funcionalidad y capacidad productiva. Este fenómeno puede originarse por actividades humanas o por procesos naturales, aunque en la actualidad su principal causa está asociada a prácticas industriales, agrícolas, mineras y urbanas (Lince, 2022).

El suelo, como sistema dinámico y vivo, cumple funciones esenciales como soporte de la producción agrícola, regulación del ciclo del agua, almacenamiento de carbono y hábitat de organismos. Cuando se contamina, pierde parcial o totalmente estas funciones, afectando no solo la fertilidad y productividad, sino también la salud de los ecosistemas y de las poblaciones humanas.

2.1.8. DEGRADACIÓN DE SUELOS.

La degradación de suelos es el proceso mediante el cual este recurso natural pierde parcial o totalmente su capacidad para cumplir sus funciones ecológicas, productivas y ambientales, como consecuencia de factores naturales o, principalmente, de actividades humanas inadecuadas. Se trata de un fenómeno progresivo que afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, disminuyendo su fertilidad, estabilidad estructural y productividad (Torres et al., 2021).

El suelo es un sistema complejo y dinámico que sustenta la producción agrícola, regula el ciclo del agua, almacena carbono y alberga una gran diversidad de organismos. Cuando se degrada, no solo se reduce su capacidad para producir alimentos, sino que también se alteran procesos ecológicos fundamentales, generando impactos ambientales y socioeconómicos.

Causas de la degradación de suelos

Las principales causas de degradación están asociadas a prácticas humanas intensivas y mal planificadas, entre ellas (Álvarez et al., 2021):

- Deforestación: eliminación de la cobertura vegetal que protege el suelo frente a la erosión.
- Agricultura intensiva: uso excesivo de fertilizantes químicos, monocultivos y labranza inadecuada.

- Sobrepastoreo: compactación del suelo y pérdida de vegetación por exceso de ganado.
- Urbanización y expansión industrial: sellado del suelo y contaminación.
- Riego inadecuado: acumulación de sales que conduce a la salinización.
- Minería y actividades extractivas: remoción de capas superficiales y alteración del perfil del suelo.

2.1.9. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD.

La degradación de la fertilidad es el proceso mediante el cual el suelo pierde progresivamente su capacidad para suministrar nutrientes esenciales y condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este fenómeno implica un deterioro de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que sostienen su productividad agrícola, afectando directamente el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de los sistemas productivos (AFD, 2024).

La fertilidad del suelo no se limita únicamente a la presencia de nutrientes, sino que comprende un equilibrio complejo entre disponibilidad de elementos minerales, contenido de materia orgánica, actividad biológica, estructura física y condiciones de pH. Cuando este equilibrio se altera por prácticas inadecuadas o procesos naturales extremos, se produce una disminución de la capacidad productiva del suelo.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Contaminación del suelo: Es la alteración de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo por la incorporación de sustancias en concentraciones superiores a las naturales. Afecta su funcionalidad ecológica y capacidad productiva. Está asociada principalmente a actividades industriales, agrícolas y urbanas (Lince, 2022).

Degradación de la fertilidad: Es el proceso mediante el cual el suelo pierde su capacidad de suministrar nutrientes y condiciones adecuadas para el desarrollo vegetal. Implica un deterioro de sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Reduce la productividad agrícola y compromete la sostenibilidad del sistema (AFD, 2024).

Degradación de suelos: Es el proceso progresivo de pérdida de las funciones ecológicas y productivas del suelo debido a factores naturales o antrópicos. Afecta su estructura, fertilidad y estabilidad. Entre sus causas destacan la deforestación, agricultura intensiva y riego inadecuado (Torres et al., 2021).

Fertilizantes químicos: Son productos industriales elaborados para suministrar nutrientes minerales de manera directa y concentrada a los cultivos. Se caracterizan por su alta solubilidad y efecto inmediato en el crecimiento vegetal. Contienen principalmente nitrógeno, fósforo y potasio (Cardona et al., 2015).

Fertilizantes orgánicos: Son insumos de origen natural provenientes de materiales vegetales o animales transformados mediante procesos biológicos. Aportan nutrientes de forma progresiva y mejoran simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Se asocian con prácticas de agricultura sostenible (Campos et al., 2022).

Indicadores físicos del suelo: Son parámetros que evalúan características estructurales como textura, porosidad y densidad aparente. Determinan la capacidad del suelo para retener agua, aire y nutrientes. Permiten diagnosticar procesos de compactación o erosión (Álvarez et al., 2021).

Indicadores químicos del suelo: Incluyen variables como pH, conductividad eléctrica, contenido de nutrientes y materia orgánica. Evalúan la disponibilidad de elementos esenciales y posibles contaminantes. Son fundamentales para determinar la fertilidad y calidad edáfica (Volverás et al., 2020).

Indicadores biológicos del suelo: Son parámetros que miden la actividad y diversidad de organismos presentes en el suelo. Reflejan su equilibrio ecológico y capacidad de reciclaje de nutrientes. Incluyen biomasa microbiana, actividad enzimática y macrofauna (Álvarez et al., 2021).

Propiedades físico-químicas de los fertilizantes orgánicos: Son las características estructurales, físicas y químicas que determinan su comportamiento en el suelo y su

aporte nutricional. Dependen del origen del material y del grado de descomposición. Influyen en la velocidad de liberación de nutrientes (Godoy, 2025).

Suelo: Es un sistema natural dinámico formado por minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Constituye la capa superficial de la corteza terrestre donde se desarrollan las plantas y múltiples procesos ecológicos. Su formación es lenta, por lo que se considera un recurso prácticamente no renovable a escala humana (Jiménez, 2017).

2.3. MARCO NORMATIVO

a. Constitución Política del Perú (1993): La Constitución Política del Perú establece en su artículo 2, inciso 22, el derecho fundamental de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Asimismo, en el artículo 66 señala que los recursos naturales son patrimonio de la Nación, correspondiendo al Estado promover su uso sostenible.

b. Ley General del Ambiente – Ley N.º 28611. La Ley General del Ambiente establece los principios y normas básicas para asegurar el ejercicio del derecho a un ambiente saludable. En su artículo VI incorpora el principio de prevención, que obliga a evitar daños ambientales antes de que ocurran.

c. Ley de Recursos Hídricos – Ley N.º 29338: La Ley de Recursos Hídricos regula el uso y gestión integrada del agua, estableciendo la protección de las fuentes hídricas frente a la contaminación. La aplicación intensiva de fertilizantes químicos puede generar lixiviación de nitratos y fosfatos, afectando cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

d. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos – Ley N.º 1278: La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos promueve la gestión adecuada de residuos, incluyendo aquellos derivados de actividades agrícolas. Si bien los fertilizantes no son residuos en sí mismos, su manejo inadecuado y acumulación en el suelo pueden generar contaminación.

e. Política Nacional del Ambiente al 2030. La Política Nacional del Ambiente al 2030 establece lineamientos estratégicos para la gestión sostenible de los recursos naturales.

Dentro de sus objetivos prioritarios se encuentra la reducción de la degradación de suelos y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

f. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales – Ley N.º 26821. La Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales establece que el aprovechamiento de los recursos naturales debe realizarse garantizando su sostenibilidad y conservación.

g. Ley de Promoción y Desarrollo de la Agricultura Familiar – Ley N.º 30355. La Ley de Promoción y Desarrollo de la Agricultura Familiar promueve prácticas agrícolas sostenibles y el fortalecimiento de pequeños productores. Esta norma fomenta el uso responsable de insumos agrícolas y la conservación de los recursos productivos, incluyendo el suelo.

h. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo establecen los valores máximos permitidos de contaminantes en el suelo para proteger la salud humana y el ambiente. Estos estándares permiten evaluar si la acumulación de sustancias derivadas de fertilizantes químicos supera los límites aceptables.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

La aplicación intensiva de fertilizantes químicos tiene impacto significativo en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- Existen diferencias significativas en los resultados del análisis físico-químico entre suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y suelos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.
- Existe variación significativa en los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.

- Existe relación significativa entre el suelo agrícola cultivado con fertilizantes químicos y el suelo cultivado sin fertilizantes en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en el centro poblado de Combuco, ubicado en el distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno, en la región sur del Perú. Esta localidad se sitúa en la zona altoandina, caracterizada por una topografía ondulada y una altitud elevada, condiciones que influyen directamente en la dinámica del suelo y en las actividades agrícolas desarrolladas por la población.

Geográficamente, el centro poblado de Combúco se localiza aproximadamente en el sistema de coordenadas UTM, Zona 19 Sur, con valores referenciales de Este (E): 420 000 m y Norte (N): 8 322 000 m, los cuales permiten una adecuada delimitación espacial del área de estudio para fines de análisis técnico y cartográfico.

Desde el punto de vista ambiental, la zona presenta características propias de los ecosistemas altoandinos, con suelos agrícolas de textura variable entre franco - arenosa y franco - arcillosa, limitada profundidad efectiva y contenidos moderados a bajos de materia orgánica. Las condiciones climáticas, marcadas por bajas temperaturas y una estacionalidad pronunciada de las precipitaciones, influyen en la fertilidad natural del suelo y en su capacidad de recuperación frente a prácticas agrícolas intensivas.

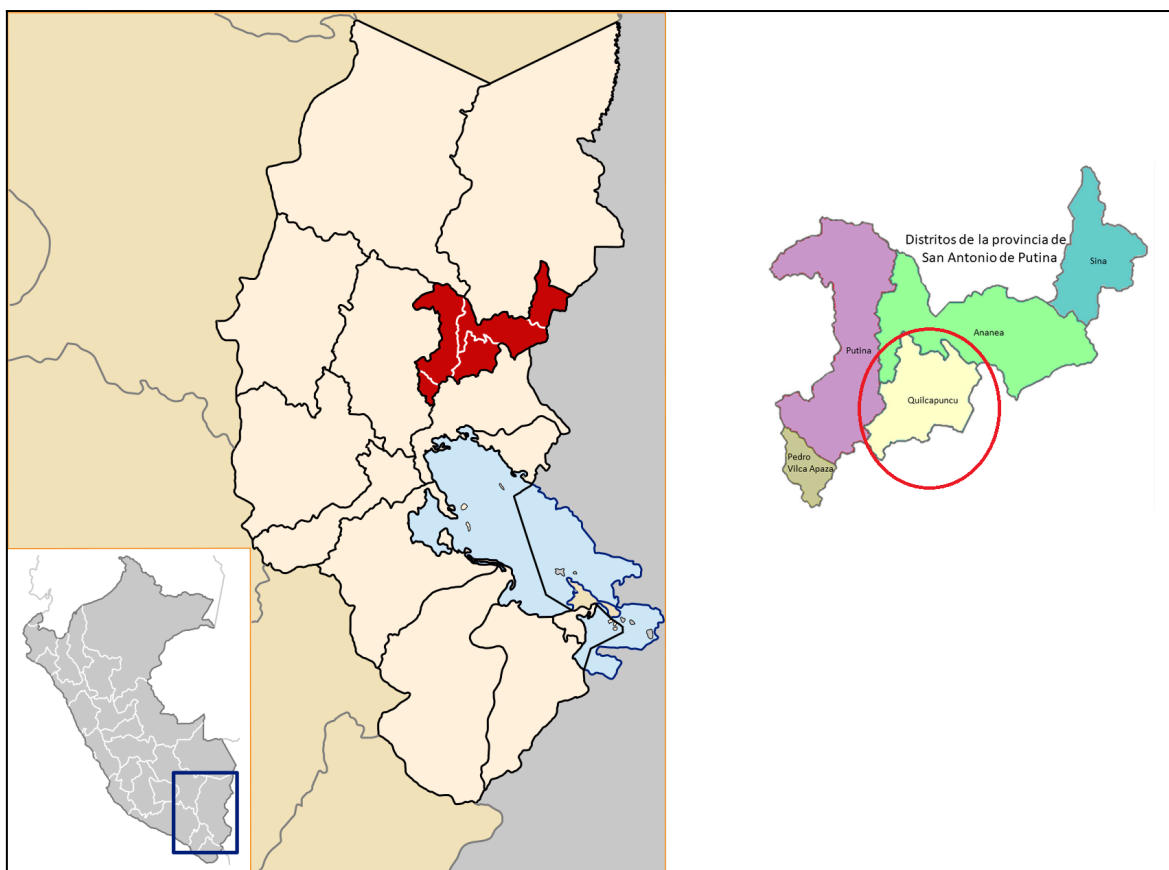


Figura 01: Ubicación de la comunidad de Combuco en el distrito de Quilcapuncu.

Fuente: <https://www.gob.pe/muniquilcapuncu>

En los últimos años, la actividad agrícola en el centro poblado de Combuco ha experimentado un incremento en el uso de fertilizantes químicos como estrategia para elevar los rendimientos de los cultivos. Sin embargo, esta aplicación se realiza, en muchos casos, sin un manejo técnico adecuado ni un diagnóstico previo del estado del suelo, lo que ha contribuido a la alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Asimismo, el uso intensivo de insumos químicos representa una potencial fuente de contaminación ambiental, ya que puede afectar la calidad del suelo y de los recursos hídricos cercanos, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas locales. En este contexto, la zona de estudio presenta una situación ambiental vulnerable, donde resulta prioritario evaluar el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en

la degradación del suelo agrícola, a fin de generar información que contribuya a la adopción de prácticas de manejo sostenible del recurso suelo.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN.

La población de estudio estuvo conformada por las familias de comuneros del centro poblado de Combuco, ubicado en el distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina. En dicha localidad se registran 73 familias de comuneros, las cuales constituyen la unidad social y productiva principal del ámbito rural estudiado. Cada familia posee, en promedio, siete parcelas agrícolas, destinadas principalmente al cultivo de productos tradicionales de la zona altoandina. Estas parcelas presentan características heterogéneas en cuanto a extensión, manejo agrícola y uso de insumos, especialmente en lo referido a la aplicación de fertilizantes químicos, lo que permite identificar parcelas con uso intensivo y parcelas sin aplicación de dichos insumos. En conjunto, la población agrícola del centro poblado de Combuco está constituida aproximadamente por **511 parcelas** agrícolas (73 familias × 7 parcelas), las cuales representan el universo de unidades productivas susceptibles de ser consideradas para el análisis del impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos sobre la degradación del suelo agrícola.

3.2.2. MUESTRA.

La muestra de estudio estuvo conformada por dos (02) parcelas agrícolas representativas del centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina. Las parcelas seleccionadas corresponden a dos condiciones contrastantes de manejo agrícola: una parcela con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y una parcela sin aplicación de fertilizantes químicos, lo que permitió realizar un análisis comparativo del estado del suelo agrícola.



Figura 02: Ubicación de los puntos de muestreo en la comunidad de Combuco.

En cada parcela se realizó la toma de muestras de suelo mediante el método en zigzag, técnica ampliamente utilizada en estudios de fertilidad y diagnóstico de suelos, debido a que permite obtener una muestra representativa del área evaluada. Durante el recorrido en zigzag, se extrajeron varias submuestras de suelo a una profundidad uniforme, distribuidas de manera equitativa en toda la parcela, evitando zonas atípicas como bordes, áreas erosionadas o lugares con acumulación de residuos.

Tabla 03: Ubicación de las parcelas de donde se extrajo las muestras de suelo.

Denominación	Descripción	Coordenadas UTM (Zona: 19 S)
PAR1	Suelo que ha tenido aplicación de fertilizantes.	Este (E): 425 101 m Norte (N): 8 350 495 m
PAR2	Suelo que no ha tenido aplicación de fertilizantes.	Este (E): 425 582 m Norte (N): 8 350 099 m

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de tipo **descriptiva - correlacional**, ya que se orienta, en primer lugar, a describir las características y el estado de los suelos agrícolas del centro poblado de Combuco, considerando sus propiedades físico-químicas bajo diferentes condiciones de manejo. Asimismo, es correlacional porque busca determinar la relación existente entre la aplicación intensiva de fertilizantes químicos y la degradación del suelo agrícola, analizando cómo la variación en el uso de dichos insumos se asocia con cambios en los parámetros del suelo.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de la investigación es **no experimental**, debido a que las variables de estudio no fueron manipuladas de manera intencional por el investigador. La aplicación de fertilizantes químicos ya se encuentra presente como parte de las prácticas agrícolas habituales de los comuneros, por lo que el estudio se limita a observar, medir y analizar los efectos que estas prácticas generan en el estado del suelo agrícola.

3.3.3. MÉTODO.

La investigación se desarrolló utilizando el método deductivo - cualitativo. El método deductivo permitió partir de principios y conocimientos generales relacionados con el uso de fertilizantes químicos y la degradación del suelo, para luego analizar su manifestación específica en el centro poblado de Combuco.

El enfoque cualitativo se empleó para interpretar y analizar los cambios observados en las propiedades del suelo agrícola, así como para comprender las prácticas de manejo agrícola desarrolladas en la zona de estudio. Este enfoque permitió una comprensión integral de la problemática ambiental.

3.3.4. TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

La técnica empleada en la presente investigación fue el muestreo y análisis de suelos agrícolas, debido a que permitió recolectar información directa sobre las características físico-químicas del suelo en parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y en parcelas sin aplicación de dichos insumos. Esta técnica facilitó la obtención de muestras representativas del área de estudio mediante procedimientos de campo y análisis de laboratorio, permitiendo evaluar las variaciones en las propiedades del suelo asociadas al manejo agrícola.

Asimismo, se utilizó la técnica de observación directa durante el trabajo de campo, con la finalidad de identificar las condiciones físicas de las parcelas agrícolas, las prácticas de fertilización empleadas y las características visibles relacionadas con la degradación del suelo.

3.3.5. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron la ficha de muestreo de suelo y la ficha de registro de resultados de laboratorio.

La ficha de muestreo de suelo permitió registrar información relevante de cada parcela evaluada, tales como ubicación, código de muestra, tipo de cultivo, profundidad de muestreo, fecha de recolección y características observadas del suelo.

Por otro lado, la ficha de registro de resultados de laboratorio permitió organizar y sistematizar los valores obtenidos en los análisis físico-químicos realizados a las muestras de suelo, considerando parámetros como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y otros indicadores relacionados con la calidad y degradación del suelo agrícola.

Estos instrumentos permitieron obtener información ordenada, confiable y pertinente para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Metodología para el Objetivo Específico 1: Evaluar los resultados del análisis físico-químico de los suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y de aquellos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.

- Para el cumplimiento de este objetivo se aplicó la técnica de muestreo de suelos, seleccionándose dos áreas representativas de cultivo de papa en el centro poblado de Combuco. La primera correspondió a un suelo agrícola con aplicación intensiva de fertilizantes químicos, denominado parcela 1 (PAR1), mientras que la segunda correspondió a un suelo agrícola cultivado sin el uso de fertilizantes químicos, denominado parcela 2 (PAR2).
- Una vez delimitadas las áreas de estudio, se procedió a la toma de muestras de suelo mediante un muestreo simple al azar, empleando el método en zigzag, con la finalidad de asegurar la representatividad espacial del suelo evaluado. En cada parcela se extrajeron 10 muestras simples, las cuales fueron posteriormente mezcladas de manera homogénea para conformar una muestra compuesta por parcelas, con un peso aproximado entre 0,5 y 1 kilogramo.
- La extracción de las muestras se realizó siguiendo el procedimiento metodológico propuesto por Moreno (2020), mediante la apertura de calcatas manuales con dimensiones de 0,40 m de largo, 0,40 m de ancho y 0,30 m de profundidad, lo que permitió acceder a la capa superficial del suelo, considerada fundamental para los análisis físico-químicos relacionados con la fertilidad y el manejo agrícola. Las muestras compuestas fueron acondicionadas en bolsas tipo Ziploc, correctamente etiquetadas y trasladadas al laboratorio para la realización de los análisis físico-químicos correspondientes, cuyos resultados permitieron evaluar el estado del suelo bajo ambas condiciones de manejo.

Metodología para el Objetivo Específico 2: Comparar la variación de los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.

- Para el desarrollo de este objetivo, se utilizaron los resultados del análisis físico-químico obtenidos de las muestras compuestas correspondientes a PAR1 y PAR2. Los parámetros evaluados permitieron identificar las diferencias en las propiedades del suelo atribuibles al uso intensivo o no de fertilizantes químicos.
- La comparación se realizó considerando los valores obtenidos en cada parámetro físico-químico, contrastando los resultados de la parcela con fertilización química (PAR1) frente a la parcela sin fertilización química (PAR2). Este procedimiento permitió analizar la variación existente entre ambos tipos de suelo, evidenciando cambios asociados a las prácticas de manejo agrícola empleadas en cada parcela.

Metodología para el Objetivo Específico 3: Analizar la relación entre el suelo agrícola cultivado con fertilizantes químicos y el suelo cultivado sin fertilizantes en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.

- Para cumplir con este objetivo, se procedió al análisis integral de los resultados obtenidos en las parcelas PAR1 y PAR2, estableciendo relaciones entre el tipo de manejo agrícola y el estado físico-químico del suelo. La información generada a partir de los análisis de laboratorio permitió interpretar cómo la aplicación intensiva de fertilizantes químicos se asocia con modificaciones en las propiedades del suelo agrícola.
- El análisis se orientó a identificar patrones y diferencias entre ambas parcelas, considerando el manejo agrícola como factor determinante en la condición del recurso suelo. Este enfoque permitió comprender la relación existente entre el uso de fertilizantes químicos y la degradación del suelo agrícola, contribuyendo a una evaluación ambiental integral del área de estudio.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación.

Variable	Definición	Indicador o definición operativa	Escala de medición	Categoría y valores
Variable Independiente	Poseen concentraciones altas por lo que de la cantidad que se usa es menor fertilizantes químicos.	Nitrógeno (mg/dl) Fósforo (mg/dl) Potasio (mg/dl) Textura (Arena, limo y arcilla) Densidad (Porosidad) Humedad (Contenido de H ₂ O) Conductividad eléctrica (CE Salinidad) Potencial de hidrógeno (pH) Materia orgánica (M.O.)	Porcentaje Porcentaje Porcentaje	Numérico Numérico Numérico
Variable Dependiente	El suelo está constituido por capas del suelo dominadas por agrícola. dos tipos de fracciones: mineral y orgánica.	Variación	Diferencia	Numérico

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El método estadístico empleado en la presente investigación fue de tipo descriptivo y correlacional, orientado al análisis e interpretación de los datos obtenidos a partir de los análisis físico-químicos del suelo agrícola. En una primera etapa, se aplicó la estadística descriptiva con la finalidad de organizar, resumir y presentar la información recolectada, utilizando medidas como promedios, valores mínimos y máximos, lo que permitió caracterizar el estado del suelo en las parcelas evaluadas.

Posteriormente, para determinar la relación existente entre la aplicación intensiva de fertilizantes químicos y la degradación del suelo agrícola, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson, dado que los datos analizados corresponden a variables cuantitativas continuas y presentan una relación de tipo lineal. Este coeficiente permitió medir el grado de asociación entre los parámetros físico-químicos del suelo obtenidos en la parcela con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (PAR1) y la parcela sin aplicación de fertilizantes químicos (PAR2).

Los resultados del análisis correlacional fueron interpretados considerando el valor del coeficiente r de Pearson (debido a que las variables analizadas corresponden a datos cuantitativos continuos y son datos de laboratorio más estables), el cual varía entre -1 y $+1$, así como su nivel de significancia estadística (p), permitiendo identificar relaciones positivas, negativas o nulas entre las variables estudiadas. Para la validación de los resultados se adoptó un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0,05$), criterio comúnmente utilizado en investigaciones ambientales y agronómicas.

Finalmente, la información estadística obtenida fue presentada mediante tablas y gráficos, facilitando la comparación de los resultados y contribuyendo a una interpretación clara y objetiva del impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola del centro poblado de Combuco.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS CON APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y DE AQUELLOS SIN APLICACIÓN EN EL CENTRO POBLADO DE COMBUCCO, 2026.

Tabla 05: Concentraciones de los parámetros en los suelos analizados.

Parámetros	Unidad	PAR1	PAR2
		Con aplicación de Fertilizantes	Sin aplicación de fertilizantes
pH	unid. pH	6.61	5.85
Conductividad E.	mS/cm	0.42	0.22
Fósforo (P)	ppm	12.08	6.40
Potasio (K)	ppm	124.00	85.00
Aluminio Cambiable	Al ³⁻	0.00	0.30
Carbonatos (CO ₃ ⁼)	%	0.00	0.00
Nitrógeno total	%	0.10	0.06
Análisis Mecánico			
Arena	%	61	58
Arcilla	%	16	18
Limo	%	26	24
Clase textural	%	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Materia orgánica	%	2.00	2.80

La Tabla 05 muestra las concentraciones de los parámetros físico-químicos y las características mecánicas de los suelos agrícolas correspondientes a la parcela con aplicación de fertilizantes químicos (PAR1) y la parcela sin aplicación de fertilizantes químicos (PAR2), evidenciándose diferencias atribuibles al manejo agrícola aplicado en cada caso.

En relación con el pH, el suelo PAR1 presentó un valor de 6.61, clasificado como ligeramente ácido, mientras que el suelo PAR2 registró un valor de 5.85, correspondiente a un suelo moderadamente ácido. Esta diferencia sugiere que la aplicación de fertilizantes químicos contribuye a una neutralización parcial de la acidez del suelo, lo que puede favorecer la disponibilidad de ciertos nutrientes esenciales para el cultivo. Sin embargo, este cambio también puede alterar el equilibrio químico natural del suelo a largo plazo.

Respecto a la conductividad eléctrica, el suelo con fertilización química mostró un valor de 0.42 mS/cm, superior al observado en el suelo sin fertilización (0.22 mS/cm). Aunque ambos valores se encuentran dentro del rango de suelos no salinos, el incremento en PAR1 evidencia una mayor concentración de sales solubles, asociada al uso intensivo de fertilizantes químicos, lo que constituye un indicador inicial de procesos de acumulación salina.

En cuanto a los macronutrientes, el contenido de fósforo (12.08 ppm) y potasio (124 ppm) en PAR1 fue considerablemente mayor en comparación con PAR2 (6.40 ppm de fósforo y 85 ppm de potasio). Este aumento refleja el efecto directo de la fertilización química sobre la disponibilidad inmediata de nutrientes en el suelo. No obstante, estos incrementos pueden generar desequilibrios nutricionales y una dependencia progresiva de insumos externos para mantener la productividad agrícola.

El análisis del aluminio cambiante evidenció una diferencia relevante entre ambas parcelas. Mientras que en PAR1 no se detectó presencia de aluminio cambiante (0,00 cmol/kg), en PAR2 se registró un valor de 0.30 cmol/kg, lo que se asocia al carácter más ácido del suelo sin fertilización. La ausencia de aluminio cambiante en PAR1 sugiere que

la fertilización química puede reducir temporalmente la toxicidad por aluminio, aunque esta condición podría revertirse ante un manejo inadecuado o prolongado del suelo.

Los carbonatos no fueron detectados en ninguna de las parcelas, lo cual es consistente con las condiciones edáficas propias de los suelos altoandinos. Por su parte, el nitrógeno total fue mayor en el suelo fertilizado (0.10 %) en comparación con el suelo sin fertilización (0.06 %), evidenciando una mejora inmediata en la disponibilidad de este nutriente esencial, atribuible al uso de fertilizantes nitrogenados.

En relación con el análisis mecánico, ambas parcelas presentaron una clase textural franco arenosa, con proporciones similares de arena, limo y arcilla. Esto indica que las diferencias observadas en los parámetros físico-químicos no se deben a variaciones texturales, sino principalmente al manejo agrícola y al uso de fertilizantes químicos.

Finalmente, el contenido de materia orgánica fue mayor en el suelo sin fertilización química (2.80 %) respecto al suelo fertilizado (2.00 %). Este resultado sugiere que la aplicación intensiva de fertilizantes químicos podría estar asociada a una reducción de la materia orgánica del suelo, lo que constituye un indicador importante de degradación del suelo agrícola, al afectar la estructura, la actividad biológica y la capacidad de retención de nutrientes.

4.2. VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO AGRÍCOLA ENTRE PARCELAS CON APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y PARCELAS SIN APLICACIÓN EN EL CENTRO POBLADO DE COMBUCO, 2026.

Para determinar la variación de las concentraciones de los parámetros físico-químicos del suelo agrícola, se empleó el **cálculo de la variación porcentual**, el cual permitió cuantificar el cambio relativo entre el suelo con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (**PAR1**) y el suelo sin aplicación de fertilizantes químicos (**PAR2**).

La variación porcentual se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Variación (\%)} = [(\text{PAR1} - \text{PAR2}) / \text{PAR2}] \times 100$$

Donde:

- **PAR1** representa el valor del parámetro físico-químico del suelo con aplicación intensiva de fertilizantes químicos.
- **PAR2** representa el valor del mismo parámetro del suelo sin aplicación de fertilizantes químicos.

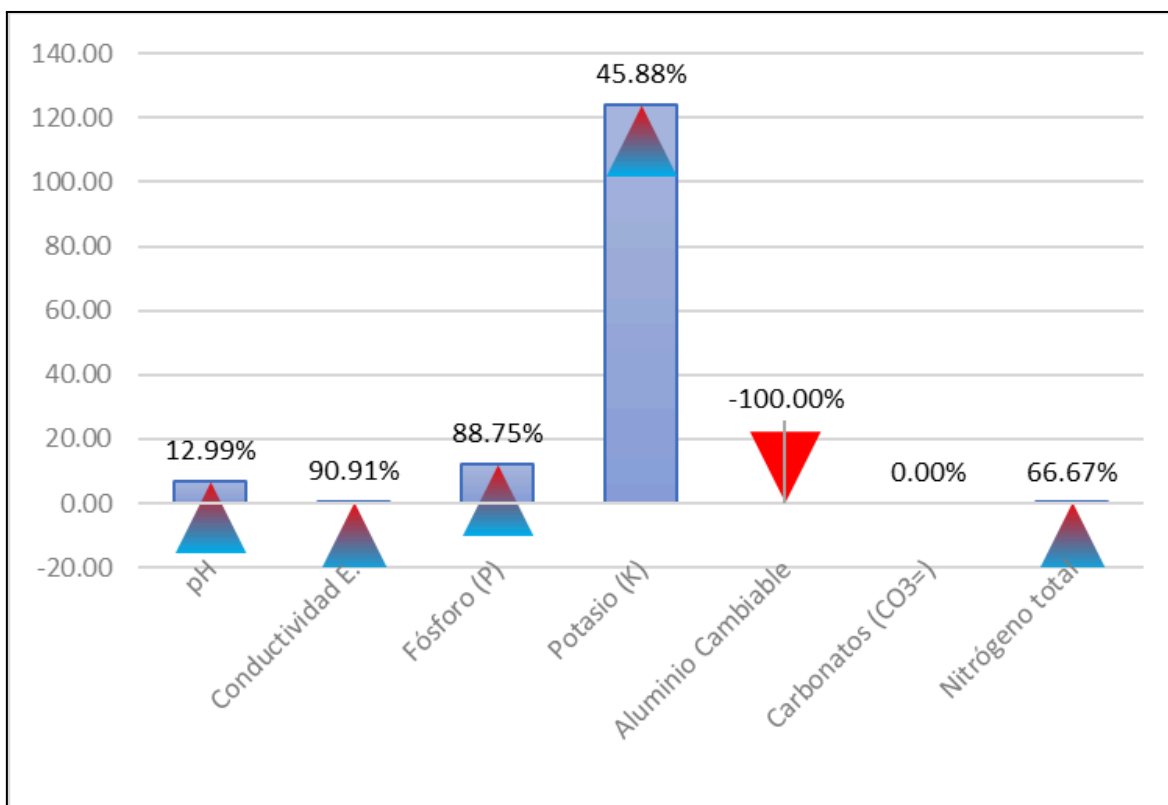


Figura 03: Variación de los parámetros físico-químicos, entre ambas muestras.

La Figura 03 muestra la variación porcentual de los principales parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre la parcela con aplicación de fertilizantes químicos (PAR1) y la parcela sin aplicación de fertilizantes (PAR2), permitiendo identificar con claridad el efecto relativo del manejo agrícola sobre la calidad del suelo.

El pH presentó una variación positiva del 12,99 %, evidenciando un incremento de la acidez moderada hacia valores ligeramente ácidos en el suelo fertilizado. Este cambio sugiere que la aplicación de fertilizantes químicos contribuye a la modificación del equilibrio químico del suelo, favoreciendo temporalmente la disponibilidad de nutrientes; sin embargo, estas alteraciones pueden generar procesos de inestabilidad química cuando no son manejadas de manera adecuada.

La conductividad eléctrica registró una variación porcentual elevada (90,91 %), lo que indica un aumento considerable de sales solubles en el suelo con fertilización química. Aunque los valores absolutos aún se encuentran dentro del rango de suelos no salinos, este incremento constituye un indicador temprano de salinización, asociado al uso intensivo y continuo de fertilizantes químicos, y representa un factor de riesgo para la sostenibilidad del suelo agrícola.

En cuanto a los macronutrientes, el fósforo (P) mostró una variación del 88,75 %, mientras que el potasio (K) presentó un incremento del 45,88 %. Estos resultados reflejan el efecto directo de la fertilización química sobre la disponibilidad inmediata de nutrientes en el suelo. No obstante, el aumento significativo de estos elementos puede generar desequilibrios nutricionales, así como pérdidas por lixiviación o fijación, contribuyendo a la degradación química del suelo a mediano y largo plazo.

El nitrógeno total presentó una variación positiva del 66,67 %, evidenciando un aumento considerable en el suelo fertilizado. Este incremento confirma la dependencia del sistema agrícola del aporte externo de nitrógeno; sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede acelerar procesos de acidificación, pérdida de materia orgánica y contaminación ambiental.

Un aspecto relevante es la variación negativa del aluminio cambiante (-100 %), lo que indica su ausencia en el suelo con fertilización química frente a su presencia en el suelo sin fertilización. Esta reducción se encuentra relacionada con el incremento del pH en PAR1, que disminuye la solubilidad del aluminio. No obstante, este efecto puede ser temporal, ya que una aplicación inadecuada o prolongada de fertilizantes puede revertir esta condición y aumentar nuevamente la toxicidad por aluminio.

Por otro lado, los carbonatos no presentaron variación (0,00 %), manteniéndose ausentes en ambas parcelas, lo cual es consistente con las características edáficas de los suelos altoandinos y confirma que la fertilización química no influye significativamente en este parámetro.

En conjunto, la Figura 03 evidencia que la aplicación intensiva de fertilizantes químicos genera incrementos significativos en la concentración de nutrientes y sales solubles, modificando de manera sustancial las propiedades químicas del suelo. Si bien estos cambios pueden mejorar temporalmente la fertilidad del suelo, también constituyen señales claras de degradación química del suelo agrícola, al alterar su equilibrio natural y comprometer su sostenibilidad productiva a largo plazo.

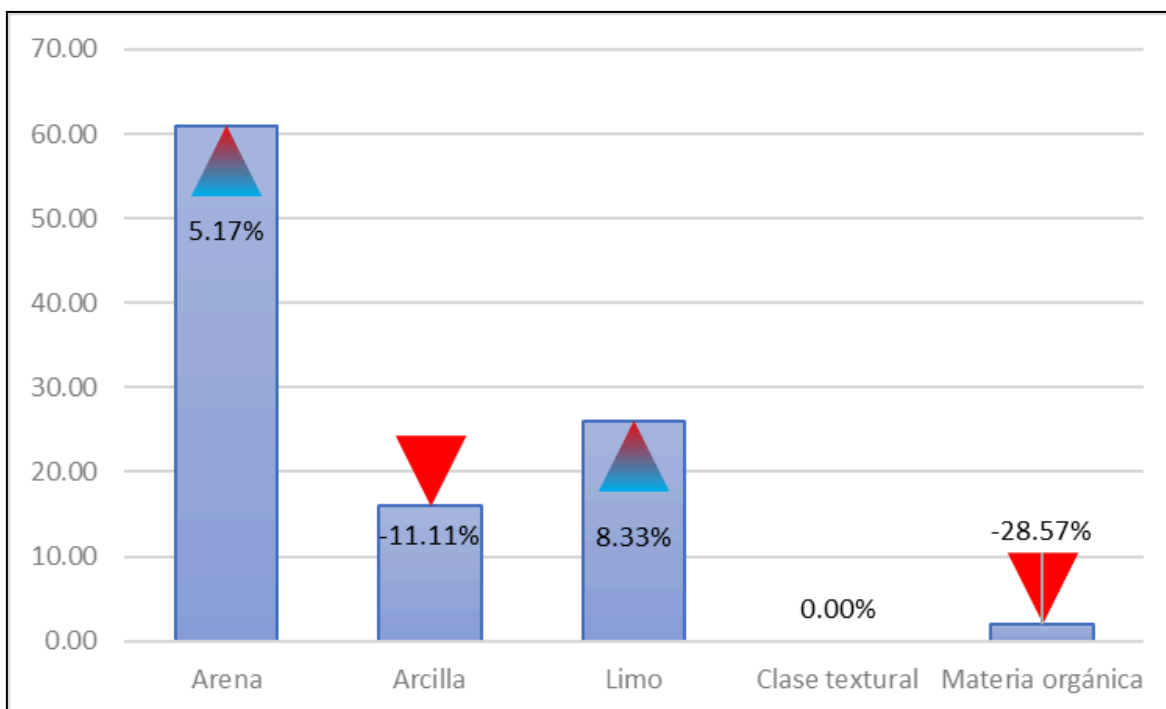


Figura 04: Variación de los parámetros del análisis mecánico del suelo de ambas muestras.

La Figura 04 muestra la variación de los parámetros del análisis mecánico del suelo entre la parcela con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (PAR1) y la parcela sin aplicación (PAR2), permitiendo evaluar los efectos del manejo agrícola sobre la estructura física y el contenido de materia orgánica del suelo en el centro poblado de Combuco.

En cuanto a la fracción arena, se observa un incremento del 5.17 % en PAR1 respecto a PAR2. Este aumento relativo puede asociarse a procesos de desagregación de partículas finas, provocados por el uso intensivo de insumos químicos y la disminución de agentes cementantes naturales, como la materia orgánica. La mayor proporción de arena suele

traducirse en menor capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que afecta negativamente la calidad del suelo agrícola a mediano y largo plazo.

Respecto a la arcilla, se evidencia una reducción del 11.11 % en el suelo con fertilizantes. La disminución de esta fracción es relevante, ya que la arcilla cumple un papel fundamental en la capacidad de intercambio catiónico y en la retención de nutrientes esenciales. Esta reducción sugiere un posible deterioro estructural del suelo, asociado a prácticas agrícolas intensivas que favorecen la dispersión y pérdida de partículas finas por erosión o lixiviación.

En relación con el limo, se registra un incremento del 8.33 % en PAR1. Aunque el aumento del limo puede mejorar temporalmente la friabilidad del suelo, también puede incrementar su susceptibilidad a la erosión hídrica, especialmente cuando se combina con bajos contenidos de materia orgánica, como se observa en el suelo con fertilización química.

La clase textural se mantiene como franco arenoso en ambas parcelas, sin variación porcentual. Esto indica que, a pesar de los cambios en las fracciones individuales, la textura general del suelo no ha sido modificada de forma drástica. Sin embargo, las variaciones internas en arena, limo y arcilla reflejan cambios estructurales sutiles, que pueden intensificarse con el uso continuo de fertilizantes químicos.

El parámetro más crítico es la materia orgánica, que presenta una disminución del 28.57 % en PAR1 respecto a PAR2. Esta reducción es un claro indicador de degradación del suelo, ya que la materia orgánica es clave para la estabilidad estructural, la actividad biológica, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes. Su disminución sugiere que el uso intensivo de fertilizantes químicos, sin prácticas de reposición orgánica, acelera los procesos de empobrecimiento del suelo.

En conjunto, los resultados de la Figura 04 evidencian que, aunque la textura global del suelo se mantiene, la calidad física y biológica del suelo con fertilización química se encuentra comprometida, manifestándose en una menor materia orgánica y en cambios desfavorables en la distribución de las fracciones texturales. Estos hallazgos refuerzan la

hipótesis de que la aplicación intensiva de fertilizantes químicos contribuye a la degradación progresiva del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco.

4.3. RELACIÓN ENTRE EL SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.

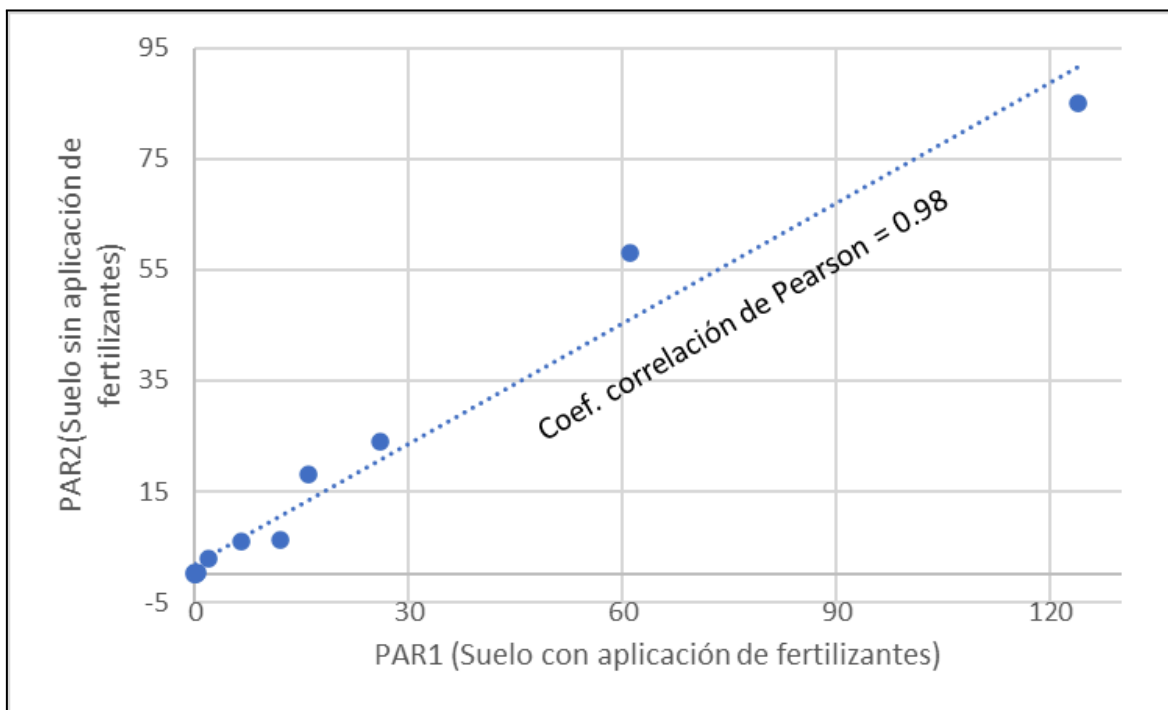


Figura 05: Diagrama de dispersión de los datos de las muestras PAR1 y PAR2.

La Figura 05 presenta el diagrama de dispersión de los valores correspondientes a los parámetros físico-químicos analizados en las muestras de suelo PAR1 (suelo con aplicación de fertilizantes químicos) y PAR2 (suelo sin aplicación de fertilizantes), con el fin de evaluar el grado de relación lineal entre ambas variables.

El análisis estadístico evidencia un coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0,98$), lo que indica una correlación positiva muy alta y directa entre los valores de ambas muestras. Este resultado sugiere que, si bien existen diferencias en las concentraciones absolutas de los parámetros evaluados, la tendencia de comportamiento de los suelos es similar, variando principalmente en magnitud debido al manejo agrícola y a la aplicación de fertilizantes químicos.

El alto valor del coeficiente de Pearson confirma que los cambios observados en el suelo con fertilización química guardan una relación estrecha con el suelo sin fertilización, lo que permite inferir que la aplicación intensiva de fertilizantes no altera de manera

aleatoria los parámetros del suelo, sino que modifica significativamente su intensidad y concentración, contribuyendo a procesos de degradación progresiva.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Calle (2021) determinó acumulación homogénea de metales pesados (cadmio y plomo) en suelos con uso de agroquímicos. En contraste, en la presente investigación no se evidenció presencia de metales pesados ni acumulación de aluminio intercambiable en el suelo con fertilización (0.00), lo que sugiere que, a diferencia del estudio internacional, en Combuco no se observa contaminación metálica asociada al uso de fertilizantes químicos. Esta diferencia podría explicarse por el tipo de fertilizantes utilizados o por la menor carga histórica de agroquímicos en la zona.

Por su parte, Gras y Mantuano (2024) reportaron que el suelo evaluado presentaba pH neutro (7.88), fósforo total 0 y potasio 1.3698 mg/kg, concluyendo que el suelo era apto para la actividad agrícola. En contradicción, en Combuco el fósforo (12.08 ppm) y el potasio (124 ppm) fueron significativamente superiores en el suelo fertilizado, evidenciando acumulación de nutrientes. Además, la conductividad eléctrica en dicho estudio fue de 0.07%, mientras que en Combuco alcanzó 0.42 mS/cm, mostrando un incremento notable de sales. Esto indica que, aunque ambos estudios evalúan la fertilización química, los efectos sobre la dinámica nutricional y salina del suelo no son equivalentes.

Longa y Rodríguez (2021) concluyeron que el uso de fertilizantes químicos generó infertilidad y mayor acidez del suelo. En contraste, en la presente investigación el pH del suelo fertilizado fue de 6.61, valor superior al suelo sin fertilización (5.85), lo que indica que no se produjo acidificación, sino una ligera tendencia hacia la neutralidad. Esta diferencia contradice la hipótesis de acidificación inmediata y sugiere que el efecto depende del tipo de fertilizante aplicado y de las condiciones edafoclimáticas.

Sánchez (2021) reportó valores de pH fuertemente ácidos (4.35 - 4.41) asociados al uso continuo de agroquímicos, además de bajos niveles de fósforo y potasio. En oposición, en Combuco los niveles de fósforo y potasio fueron mayores en el suelo fertilizado, y el pH

se mantuvo dentro de un rango moderadamente ácido, sin alcanzar niveles críticos. Esto contradice la tendencia de deterioro progresivo descrita en el estudio nacional.

Jiménez (2022) encontró presencia de residuos de plaguicidas y baja materia orgánica (0.8 - 1%), asociando la contaminación con disminución biológica. En el presente estudio, aunque la materia orgánica disminuyó en el suelo fertilizado (2.00%), el valor sigue siendo superior al reportado por Jiménez, lo que indica que, si bien existe una reducción, no alcanza niveles críticos de degradación.

Aduviri (2024) reportó una acidez extrema ($\text{pH} = 3.9$) y una reducción significativa de materia orgánica (1.7%) en suelos con fertilizantes artificiales. En contraste, el suelo fertilizado en Combuco presentó $\text{pH} 6.61$ y materia orgánica 2.00%, valores considerablemente menos críticos. Esta diferencia contradice la presencia de degradación severa observada en Pilcuyo.

Quenta (2024) concluyó que los fertilizantes químicos inciden significativamente en la degradación e infertilidad del suelo. Sin embargo, en Combuco los nutrientes (N, P, K) fueron mayores en el suelo fertilizado, lo que no evidencia infertilidad inmediata, sino acumulación nutricional. La contradicción radica en que, aunque existe disminución de materia orgánica, no se observa aún pérdida de fertilidad química.

Tintaya (2025) encontró que la aplicación de fertilizantes químicos no generó alteraciones significativas y reportó una alta correlación ($\rho = 0.991$). En este caso, los resultados son parcialmente coincidentes, ya que en Combuco también se obtuvo una correlación muy alta ($r = 0.980$). No obstante, a diferencia de Tintaya, en la presente investigación sí se evidenció una reducción considerable de materia orgánica (-28.57%) y un incremento notable de conductividad eléctrica (90.91%), lo que sugiere cambios más marcados en la dinámica química del suelo.

4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

En base a lo afirmado: Existe efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Combuco del distrito de

Quilcapuncu, 2025.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = No existe efecto significativo en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Combuco del distrito de Quilcapuncu, 2025.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = Existe un efecto significativo en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Combuco del distrito de Quilcapuncu, 2025.

Aunque hay un aumento claro del nitrógeno total (100%) en el suelo con fertilizantes, lo cual puede indicar acumulación por fertilización química, no se observa un deterioro significativo en los demás parámetros: El pH se mantiene estable, sin tendencia a acidificación o alcalinización, la materia orgánica incluso es levemente superior en el suelo con fertilizantes, no hay aumento en la conductividad eléctrica, lo cual indicaría salinización (un signo de degradación), la textura no cambia: ambos suelos son franco arenosos, no hay presencia de elementos tóxicos o desequilibrios evidentes, además de acuerdo a la tabla 08 el alto grado de correlación estadística (Rho de Spearman $[\rho] = 0.991$) entre ambas muestras sugiere que la composición general del suelo no ha sufrido alteración significativa por el uso de fertilizantes en este caso específico, por lo que se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

4.5.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

En base a lo afirmado: El resultado del análisis físico químico del suelo cultivado donde se han utilizado fertilizantes químicos y otro donde no se ha utilizado, son diferentes.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = El resultado del análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes, no son diferentes.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = El resultado del análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son diferentes.

Aunque se observan diferencias puntuales (notablemente en el nitrógeno total y en menor medida en el potasio), la mayoría de parámetros no muestran cambios significativos. Además de acuerdo a la tabla 08, la alta correlación (Rho de Spearman = 0.991) sugiere que el comportamiento general de los parámetros es similar entre M1 y M2, esto no apoya suficientemente la hipótesis alternativa (H_1) de que los suelos sean “diferentes” en conjunto desde el punto de vista físico químico, por lo que se rechaza la H_1 y se **acepta la H_0** .

4.5.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

En base a lo afirmado: La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son elevados.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, no son elevados.

La Hipótesis Alterna:

H_1 = La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son elevados.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 07: No todas las variaciones son elevadas, solo el nitrógeno total muestra una diferencia muy significativa (100%), mientras que los demás parámetros varían muy poco o nada, como es el caso del pH, la conductividad, el fósforo o la materia orgánica. Además de acuerdo a la tabla 08, la alta correlación (Rho de Spearman = 0.991) sugiere que, en términos globales, las diferencias entre las dos muestras no son drásticas ni elevadas en conjunto; por lo que se rechaza la H_1 y se **acepta la H_0** .

4.5.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

En base a lo afirmado: La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, es significativa.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, no es significativa.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, es significativa.

Tabla 06: Matriz de correlación de Pearson entre las 02 muestras.

		PAR1	PAR2
		Suelo que ha tenido aplicación de fertilizantes.	Suelo que no ha tenido aplicación de fertilizantes.
PAR1	Correlación de Pearson	1	,980**
Suelo que ha tenido aplicación de fertilizantes.	Sig. (bilateral)		,002
	N	12	12
PAR2	Correlación de Pearson	,980**	1
Suelo que no ha tenido aplicación de fertilizantes.	Sig. (bilateral)	,002	
	N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La matriz de correlación mostrada en la Tabla 08 refleja la relación entre los valores de los distintos parámetros analizados en las muestras M1 y M2 mediante el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que es una medida no paramétrica adecuada para evaluar la asociación entre variables cuando no necesariamente se distribuyen de forma normal o no presentan una relación lineal estricta. El resultado más destacable es el alto valor de correlación ($\rho = 0.991$) entre las dos muestras, con una significación estadística bilateral de 0.000, es decir, con un nivel de confianza del 99%, lo que indica que la correlación es altamente significativa, por lo que se **acepta la H_1** y se rechaza la H_0 .

CONCLUSIONES

PRIMERA: La aplicación intensiva de fertilizantes químicos impacta significativamente en la degradación del suelo agrícola del centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, evidenciándose alteraciones físico-químicas y mecánicas que afectan negativamente la calidad del suelo, principalmente a través del incremento de sales solubles, nutrientes disponibles y la reducción del contenido de materia orgánica, elementos clave para la sostenibilidad del sistema agrícola.

SEGUNDA: Los resultados del análisis físico-químico evidenciaron que el suelo con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (PAR1) presenta valores superiores en comparación con el suelo sin aplicación (PAR2), registrándose un pH de 6,61 frente a 5,85, una conductividad eléctrica de 0,42 mS/cm frente a 0,22 mS/cm, un contenido de fósforo de 12,08 ppm frente a 6,40 ppm, potasio de 124,00 ppm frente a 85,00 ppm y nitrógeno total de 0,10 % frente a 0,06 %. Asimismo, se observó la ausencia de aluminio cambiante (0,00 cmol/kg) en el suelo fertilizado, en contraste con el suelo sin fertilización que presentó 0,30 cmol/kg.

TERCERA: La comparación de la variación de los parámetros físico-químicos entre ambas parcelas evidenció incrementos porcentuales elevados en la conductividad eléctrica (90,91 %), fósforo (88,75 %), nitrógeno total (66,67 %) y potasio (45,88 %) en el suelo fertilizado, así como una disminución total del aluminio cambiante (-100 %). Estos resultados confirman que la aplicación intensiva de fertilizantes químicos modifica sustancialmente la concentración y disponibilidad de nutrientes.

CUARTA: El análisis de la relación entre ambos tipos de suelo evidenció una correlación positiva muy alta y estadísticamente significativa ($r = 0,980$; $p = 0,002$), lo que indica que, aunque los suelos mantienen un comportamiento similar en cuanto a la tendencia de sus parámetros, la aplicación de fertilizantes químicos intensifica las concentraciones de dichos parámetros. Esta relación confirma que la fertilización química no altera aleatoriamente el suelo, sino que acelera cambios progresivos que contribuyen a su degradación.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A los agricultores del centro poblado de Combuco implementar prácticas de manejo sostenible del suelo, tales como la reducción progresiva del uso intensivo de fertilizantes químicos, la incorporación de abonos orgánicos, el uso de rotación de cultivos y la aplicación de enmiendas orgánicas, con la finalidad de disminuir los procesos de degradación físico-química y mecánica del suelo agrícola y asegurar la sostenibilidad de la producción agrícola a largo plazo.

SEGUNDA: A las autoridades locales y a las entidades técnicas del sector agrario promover y ejecutar programas periódicos de monitoreo y análisis físico-químico del suelo, que permitan evaluar parámetros como pH, conductividad eléctrica, nutrientes y aluminio cambiante, a fin de regular adecuadamente la dosificación de fertilizantes químicos y prevenir alteraciones significativas en la calidad del suelo agrícola.

TERCERA: A los productores agrícolas y asesores técnicos ajustar la aplicación de fertilizantes químicos en función de los requerimientos reales del cultivo y de los resultados de análisis de suelo, evitando aplicaciones excesivas que incrementan la conductividad eléctrica y la acumulación de nutrientes, lo cual contribuirá a reducir los riesgos de salinización, desequilibrios nutricionales y degradación química del suelo.

CUARTA. A las instituciones académicas y organismos de investigación continuar desarrollando estudios comparativos y de seguimiento a largo plazo sobre la dinámica de los suelos agrícolas con y sin fertilización química, incorporando un mayor número de muestras y variables, con el objetivo de profundizar el análisis de las relaciones existentes y generar estrategias técnicas basadas en evidencia científica para la conservación y recuperación de los suelos agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduviri Anchapuri, M. A. (2024). Uso de fertilizantes artificiales y su impacto ambiental en la degradación de suelos agrícolas en la comunidad Chojña Chojñani, distrito Pilcuyo—2023. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/849>
- AFD. (2024). *Fertilidad de los suelos: El grupo AFD interviene en todo el mundo*.
<https://www.afd.fr/es/actualites/fertilidad-suelos-grupo-afd>
- AGQ-Labs. (2025). Análisis de suelos agrícolas. *AGQ Labs Perú*.
<https://agqlabs.pe/analisis-de-suelos-agricolas/>
- Álvarez-González, A., Martín-Alonso, G. M., Mejía-Franco, L. C., López-Vdovenko, E., Rodríguez-Yon, Y., Álvarez-González, A., Martín-Alonso, G. M., Mejía-Franco, L. C., López-Vdovenko, E., & Rodríguez-Yon, Y. (2021). Algunas propiedades físicas, químicas y microbiológicas de un suelo agrícola en Darién, República de Panamá. *Cultivos Tropicales*, 42(4).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362021000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Asencios Mateo, E. M. (2023). *Problema de los fertilizantes sintéticos en la agricultura y el beneficio de fertilizantes orgánicos en el departamento de Áncash distrito de Mirgas enero – 2023* [Universidad María Auxiliadora].
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UMAI_21178f676372cd2a39b8e0d0111614f8/Description#tabnav
- Calle Shagñay, Á. L. (2021). *Contaminación por agroquímicos y acumulación de cadmio y plomo en suelos dedicados a la producción de cacao del sector la isla recinto la resistencia en el cantón coronel Marcelino Maridueña..* [Quevedo-Ecuador].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6393>
- Calva, C., & Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110-120.
<https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.505>

- Campos Rodríguez, R., Torres-Contreras, A., Castro-Brenes, A. G., & Calderón-Cerdas, R. (2022). Capacidad productiva de un fertilizante orgánico elaborado a partir de residuos sólidos para el cultivo de lechuga. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5823>
- Cardona, W. A., Bolaños Benavides, M. M., & Chavarriaga Montoya, W. (2015). Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con *Musa acuminata* AA. *Acta Agronómica*, 65(2), 144-148. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.44493>
- Chambi Castro, J. (2024). Evaluación de parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino—Puno 2023. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/694>
- Combatt C., E., Polo F., V., Racero G., L., Cantero B., M., & University of Córdoba. (2017). Process of soil degradation as a result of agricultural activities of different zones in the Monteria municipality, department of Cordoba-Colombia. *Journal of Science with Technological Applications*, 3, 5-14. <https://doi.org/10.34294/j.jsta.17.3.20>
- Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova-Mendoza, P., Córdova-Barrios, I. C., Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova-Mendoza, P., & Córdova-Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola*, 47(2), 31-40. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852020000200031&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- FAO. (2022). *Soils for nutrition: State of the art*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0900en>
- García, F. (2025). *Fertilidad de suelos en América del Sur: Más allá de la próxima cosecha*. Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1735475/>
- Garcilazo, F. M. (2025, marzo 25). Del conocimiento del suelo a la acción agronómica. *CIMMYT*.

- <https://www.cimmyt.org/es/noticias/del-conocimiento-del-suelo-a-la-accion-agronomica/>
- Godoy Casas, S. (2025). *El uso de fertilizantes orgánicos en la agricultura europea y sus beneficios*. www.revistaagricultura.com.
<https://www.revistaagricultura.com/Noticias/Noticia/9902/www.revistaagricultura.com/portada>
- Gras, R., & Mantuano, N. N. (2024). *Uso de fertilizantes químicos y su efecto en la degradación de suelo agrícola en la finca Alejandro Ponce, Parroquia La América*. [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6188>
- Hadas, A., & Rosenberg, R. (2022). Guano as a nitrogen source for fertigation in organic farming. *Fertilizer Research*, 31(2), 209-214. <https://doi.org/10.1007/BF01063294>
- Huerta-Muñoz, E., Cruz-Hernández, J., & Aguirre-Álvarez, L. (2019). La apreciación de abonos orgánicos para la gestión local comunitaria de estiércoles en los traspatios. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53). <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.702>
- INIA. (2022). *INIA caracteriza aspectos físicos de suelos agrarios para evitar degradación*. <https://www.gob.pe/institucion/inia/noticias/646717-puno-inia-caracteriza-aspectos-fisicos-de-suelos-agrarios-para-evitar-degradacion>
- Jiménez Aguilar, C. (2022). *Uso de agroquímicos en el cultivo de papa y la contaminación del suelo agrícola en el distrito de Chinchero, Cusco, Perú* (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad Inca Garcilaso de la Vega].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=356773>
- Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos*. <https://www.vuestroslibros.com/52826/introduccion-a-la-contaminacion-de-suelos/>
- Khan, M. T., Aleinikovienė, J., & Butkevičienė, L.-M. (2024). Innovative Organic Fertilizers and Cover Crops: Perspectives for Sustainable Agriculture in the Era of Climate

- Change and Organic Agriculture. *Agronomy*, 14(12), 2871.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14122871>
- LA-DECANA. (2025, julio 8). Pérdida de fertilidad en suelos agrícolas es elocuente en la Región Puno. *LA DECANA RADIO JULIACA*.
<https://ladecana.pe/perdida-de-fertilidad-en-suelos-agricolas-es-elocuente-en-la-region-puno/>
- Lima Lima, G. M. (2024). Contaminación del suelo agrícola por agroquímicos industriales de la comunidad de Villa Sicata del Distrito de Ilave—2023. *Universidad Privada San Carlos*. <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/787>
- Lince-Salazar, L. A. (2022). Propiedades físicas de los suelos y su relación con la sostenibilidad de la caficultura colombiana. *Memorias Seminario Científico Cenicafé*, 71(1), e71143. <https://doi.org/10.38141/10795/71143>
- Longa Narro, E. R., & Rodríguez Briones, E. (2021). *Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y abonos orgánicos en suelos agrícolas con cultivo de papa – distrito de Sorochuco 2020* [Universidad Privada del Norte]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_d2840796a27bb91d670b0cc2f3e1cb94/Description#tabnav
- López, E. P., & Barrantes, D. R. (2017). Estudio físico-químico para la formulación de un fertilizante líquido de composición completa. *Pensamiento Actual*, 17(29), Article 29. <https://doi.org/10.15517/pa.v17i29.31551>
- MIDAGRI. (2025, agosto 18). *Campaña nacional “Perú 2M: Conoce la fertilidad de tu suelo”*.
<https://www.gob.pe/institucion/midagri/campa%C3%B1as/112115-campana-nacional-peru-2m-conoce-la-fertilidad-de-tu-suelo>
- Quenta Layme, J. C. (2024). Efecto de la contaminación por fertilizantes químicos en la calidad de suelo de cultivo de *Solanum Tuberosum* en el Distrito de Ilave 2023. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1009>

- Sanchez Campo, L. M. (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—2020* [Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/xmlui/handle/123456789/3061>
- Saucedo Aguiar, S. G., Arguello Nuñez, L. B., Vilema-Escudero, S. F., & Ruiz Martínez, M. (2024). Uso de Fertilizantes Químicos en el Fomento Productivo Agrícola de Ecuador. *Killkana Técnica*, 8(1), 27-38. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>
- Tintaya Copacati, D. (2025). Efectos en la degradación del suelo agrícola por aplicación intensiva de fertilizantes químicos en el Centro Poblado de Villa Socca del Distrito de Acora—Puno, 2025. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/1491>
- Torres Zambrano, J. P., Cortés Flores, J. I., Turrent Fernández, A., Volke Haller, V. H., Ortiz Solorio, C. A., & Jiménez López, A. (2021). Caracterización físico-química y clasificación del suelo de ladera manejado bajo el sistema Milpa Intercalada con árboles frutales. *Teknos revista científica*, 35-45. <https://doi.org/10.25044/25392190.1031>
- United Nations. (2022). *Country guidelines and technical specifications for global soil nutrient and nutrient budget maps*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc1717en>
- Volverás-Mambuscay, B., Campo-Quesada, J. M., Merchancano-Rosero, J. D., & López-Rendón, J. F. (2020). Propiedades físicas del suelo en el sistema de siembra en wachado en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 743-760. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.39233>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación

IMPACTO DE LA APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA EN EL CENTRO POBLADO DE COMBUCO DEL DISTRITO DE QUILCAPUNCU - PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA, 2026.

PROBLEMA	OBJETIVOS		HIPÓTESIS		VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
¿Cuál es el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026?	Determinar el impacto de la aplicación intensiva de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.	Evaluar los resultados del análisis físico-químico de los suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y de aquellos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.	La aplicación intensiva de fertilizantes químicos tiene impacto significativo en la degradación del suelo agrícola en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Existen diferencias significativas en los resultados del análisis físico-químico entre suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y suelos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026.	VARIABLE INDEPENDIENTE Utilización de fertilizantes químicos.	Nitrógeno (mg/dl) Fósforo (mg/dl) Potasio (mg/dl) Textura (Arena, limo y arcilla) Densidad (Porosidad) Humedad (Contenido de H ₂ O) Conductividad eléctrica (CE Salinidad) Potencial de hidrógeno (pH) Materia orgánica (M.O.) Variación	Herramientas de excavación. Instrumentos de laboratorio contratado para análisis.	Estadística Descriptiva. Estadístico de Correlación de Pearson
PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cuáles son los resultados del análisis físico-químico de los suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y de aquellos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026? ¿Cuál es la variación de los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS Evaluar los resultados del análisis físico-químico de los suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y de aquellos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026. Comparar la variación de los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026. Analizar la relación entre el suelo agrícola cultivado con fertilizantes químicos y el suelo cultivado sin fertilizantes en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.	Existen diferencias significativas en los resultados del análisis físico-químico entre suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y suelos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026. Existe variación significativa en los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026. Existe relación significativa entre el suelo agrícola cultivado con fertilizantes químicos y el suelo cultivado sin fertilizantes en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Existen diferencias significativas en los resultados del análisis físico-químico entre suelos agrícolas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y suelos sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026. Existe variación significativa en los parámetros físico-químicos del suelo agrícola entre parcelas con aplicación intensiva de fertilizantes químicos y parcelas sin aplicación en el centro poblado de Combuco, 2026. Existe relación significativa entre el suelo agrícola cultivado con fertilizantes químicos y el suelo cultivado sin fertilizantes en el centro poblado de Combuco, distrito de Quilcapuncu, provincia de San Antonio de Putina, 2026.	VARIABLE DEPENDIENTE. Efecto en la degradación de suelos agrícolas.				

Anexo 02: Análisis de laboratorio.



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

INFORME DE ENSAYO 017/MQA ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO.

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE COMBUCO DEL DISTRITO DE QUILCAPUNCU
PAR1 = SUELO CON APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.
PAR2 = SUELO SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.
INTERESADO : YOVANNA MARIVELLA ESTRADA CAHUAPAZA
MOTIVO : ANÁLISIS FISICO – QUIMICO.
FECHA DE MUESTREO : 11/02/2026 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 12/02/2026.

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	PAR1	61	16	26	Franco Arenoso	0.00	2.00	0.10
	PAR2	58	18	24	Franco Arenoso	0.00	2.80	0.06

# ORD	CLAVE DE CAMPO	pH	C.E. mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES Al ³⁺
				P ppm	K ppm	
01	PAR1	6.61	0.42	12.08	124	0.00
	PAR2	5.85	0.22	6.40	85	0.30

FaAr = Franco arcillo arenoso

Ar = Arcilloso

FA = Franco arenoso

CIC= Capacidad Intercambio Cationico

N = Nitrógeno total

K⁺ = Potasio cambiante

A= Arena

Ca²⁺= Calcio cambiante

Na⁺= Sodio cambiante

CO₃⁼ = Carbonatos

me = miliequivalente.

FaR = Franco arcilloso

M.O.=Materia orgánica

P = Fósforo disponible

K = Potasio disponible

C.E. = Conductividad eléctrica

SB = Saturación de bases

Mg²⁺ = Magnesio cambiante

mS/cm = milisiemens por centímetro

C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto

Al³⁺ = Aluminio cambiante

NC= no corresponde



Benito Fernández Calloapaza
RUC: 20612800741
GERENTE

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

Anexo 03: Galería fotográfica.



Figura 06: Vista panorámica de las parcelas agrícolas evaluadas en el centro poblado de Combuco.



Figura 07: Parcela agrícola con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (PAR1) destinada al cultivo de papa.



Figura 08: Recolección de submuestras de suelo para la conformación de muestras compuestas.



Figura 09: Procedimiento de muestreo de suelo mediante el método en zigzag en la parcela PAR1.



Figura 10: Parcela agrícola con aplicación intensiva de fertilizantes químicos (PAR1) destinada al cultivo de papa.



Figura 11: Proceso de delimitación de las parcelas agrícolas para el muestreo de suelo.



Figura 12: Procedimiento de muestreo de suelo mediante el método en zigzag en la parcela PAR2.



Figura 13: Parcela agrícola sin aplicación de fertilizantes químicos (PAR2) destinada al cultivo de papa.



Figura 14: Homogeneización de las submuestras de suelo obtenidas en campo.



Figura 15: Embolsado y etiquetado de las muestras de suelo en bolsas herméticas tipo Ziploc.



Figura 16: Traslado de las muestras de suelo al laboratorio para el análisis físico-químico.