

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LA  
COMUNIDAD JALLUYO COMPUYO DEL DISTRITO DE PILCUYO - ILAVE,**

**2025**

**PRESENTADA POR:**

**ISAAC GILBER CCAMA ARPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



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



# 9.21%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 23 SEP 2025, 12:27 PM

## Similarity report

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

**IDENTICAL** 1.76%  
**CHANGED TEXT** 7.45%

## Report #28756341

ISAAC GILBER CCAMA ARPA // EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD JALLUYO COMPUYO DEL DISTRITO DE PILCUYO - ILAVE, 2025 RESUMEN El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la fertilidad de los suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025. La investigación fue descriptiva, de tipo no experimental y corte transversal, para la muestra se ha utilizado un muestreo compuesto y dirigido del terreno. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: El análisis de los parámetros de fertilidad del suelo cultivado mostró que el pH (6.10) se encuentra en un rango óptimo, con niveles altos de fósforo (18.50 ppm), nitrógeno total (0.27 %) y materia orgánica (5.40 %), así como saturación de bases alta (85 %). Se registraron niveles medios de potasio (140 ppm) y magnesio (1.20 me/100g), mientras que el calcio (4.80 me/100g) presentó un valor bajo y la capacidad de intercambio catiónico fue baja (7.50 me/100g). La ausencia de aluminio intercambiable (0.00) indica condiciones favorables para el desarrollo de cultivos, aunque la baja CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y el déficit de calcio sugieren la necesidad de prácticas de manejo para mejorar la disponibilidad de estos nutrientes. Concluyendo que la evaluación de la fertilidad de los suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025, revela limitaciones moderadas para el desarrollo agrícola. En particular, el

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

**EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LA  
COMUNIDAD JALLUYO COMPUYO DEL DISTRITO DE PILCUYO - ILAVE,  
2025**

**PRESENTADA POR:**

**ISAAC GILBER CCAMA ARPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:   
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: de Ingeniería, Tecnología.

Sub Área de Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 09 de octubre del 2025.

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta meta tan importante en mi formación personal y profesional.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y ejemplo constante, que han sido mi mayor inspiración para nunca rendirme y seguir adelante con perseverancia.

A mis hermanos y familiares, quienes con sus palabras de aliento y compañía me brindaron la motivación necesaria en los momentos más difíciles de este camino.

A mis maestros, por guiarme con paciencia y transmitirme sus conocimientos, contribuyendo a mi desarrollo académico y profesional.

Finalmente, a todos aquellos que de una u otra forma me brindaron su apoyo, esta tesis es también fruto de su confianza en mí.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por haberme brindado una formación académica integral y de calidad, permitiéndome desarrollar habilidades y conocimientos fundamentales para contribuir activamente al desarrollo sostenible de mi región. Su compromiso con la excelencia educativa ha sido una guía constante a lo largo de mi formación profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser el espacio donde se forjaron mis competencias técnicas y humanas, y por fomentar en mí un profundo compromiso con la protección y conservación del medio ambiente.

A los distinguidos miembros del jurado calificador:

- Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda,
- Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez,
- Dra. Marlene Cusi Montesinos,

por haber formado parte de esta investigación, aportando con su experiencia, observaciones y valiosas recomendaciones que contribuyeron significativamente al enriquecimiento de este trabajo académico.

A mi asesor de tesis, el M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su constante apoyo, dedicación y orientación durante el proceso de elaboración de esta investigación. Su experiencia, paciencia y compromiso fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo. Agradezco profundamente su guía tanto en el aspecto académico como en el personal.

## 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

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL.	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	14
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.	18
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>20</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	20

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
2.1.1. NATURALEZA DEL SUELO.	21

2.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.	21
2.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	26
2.1.4. FERTILIDAD DE SUELOS.	29
2.1.5. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD.	30
2.1.6. PARÁMETROS DE FERTILIDAD USDA - UNALM	30
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>31</b>
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>33</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>34</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	34
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	34
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>35</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>37</b>
3.2.1. POBLACIÓN.	37
3.2.2. MUESTRA.	38
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>38</b>
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	38
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	38
3.3.3. MÉTODO.	38
3.3.4. MATERIALES	39
<b>3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>39</b>
<b>3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA COMUNIDAD DE JALLUYO COMPUYO, DISTRITO DE PILCUYO</b>	<b>44</b>

<b>4.2. COMPARAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS CON LOS ESTÁNDARES DE FERTILIDAD ESTABLECIDOS POR LA USDA Y LA UNALM</b>	<b>46</b>
<b>4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Presenta la denominación europea completa modificada para las fracciones granulométricas del suelo, junto con sus respectivos rangos de diámetros aparentes.	23
<b>Tabla 02:</b> Materiales utilizados.	39
<b>Tabla 03.:</b> Operacionalización de Variables de la investigación.	42
<b>Tabla 04:</b> Parámetros fisicoquímicos.	44
<b>Tabla 05:</b> Comparación de resultados con los parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM).	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Triángulos de textura del suelo.	24
<b>Figura 02:</b> Ubicación del Distrito de Pilcuyo.	36
<b>Figura 03:</b> Ubicación de la Comunidad de Jalluyo Compuyo.	37
<b>Figura 04:</b> Vista panorámica de la zona de estudio.	63
<b>Figura 05:</b> Revisión de los contenedores(bolsas ziploc).	63
<b>Figura 06:</b> Realizando la medición del terreno a ser muestreado.	64
<b>Figura 07:</b> Tomando las muestras de terreno en el primer sub-punto.	64
<b>Figura 08:</b> Tomando las muestras de terreno en el segundo sub-punto.	65
<b>Figura 09:</b> Tomando las muestras de terreno en el tercer sub-punto.	65
<b>Figura 10:</b> Tomando las muestras de terreno en el cuarto sub-punto.	66
<b>Figura 11:</b> Tomando las muestras de terreno en el quinto sub-punto.	66
<b>Figura 12:</b> Realizando la mezcla de las muestras para lograr una muestra representativa y homogénea.	67
<b>Figura 13:</b> Embolsando la muestra final.	67
<b>Figura 14:</b> Poniendo la muestra en un cooler para su mejor traslado a laboratorio.	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia de la investigación.	60
<b>Anexo 02:</b> Parámetros comunes que se evalúan (según USDA - UNALM).	61
<b>Anexo 03:</b> Análisis del laboratorio.	62
<b>Anexo 04:</b> Galería fotográfica.	63

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la fertilidad de los suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025. La investigación fué descriptiva, de tipo no experimental y corte transversal, para la muestra se ha utilizado un muestreo compuesto y dirigido del terreno. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: El análisis de los parámetros de fertilidad del suelo cultivado mostró que el pH (6.10) se encuentra en un rango óptimo, con niveles altos de fósforo (18.50 ppm), nitrógeno total (0.27 %) y materia orgánica (5.40 %), así como saturación de bases alta (85 %). Se registraron niveles medios de potasio (140 ppm) y magnesio (1.20 me/100g), mientras que el calcio (4.80 me/100g) presentó un valor bajo y la capacidad de intercambio catiónico fue baja (7.50 me/100g). La ausencia de aluminio intercambiable (0.00) indica condiciones favorables para el desarrollo de cultivos, aunque la baja CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y el déficit de calcio sugieren la necesidad de prácticas de manejo para mejorar la disponibilidad de estos nutrientes. Concluyendo que la evaluación de la fertilidad de los suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025, revela limitaciones moderadas para el desarrollo agrícola. En particular, el fósforo disponible y el potasio intercambiable se encuentran por debajo de los estándares establecidos por la USDA y la UNALM. Estos resultados confirman que las condiciones del suelo cumplen con los estándares de fertilidad recomendados para un manejo agrícola sostenible.

**Palabras clave:** Agricultura, Análisis, Fertilidad, Parámetros fisicoquímicos, Suelos.

## ABSTRACT

The present research work aimed to evaluate the fertility of agricultural soils in the community of Jalluyo Compuyo in the district of Pilcuyo - Ilave, 2025. The research was descriptive, non-experimental and cross-sectional, for the sample a composite and directed sampling of the field has been used. The results are as follows: The analysis of the fertility parameters of the cultivated soil showed that the pH (6.10) is in an optimal range, with high levels of phosphorus (18.50 ppm), total nitrogen (0.27%) and organic matter (5.40%), as well as high base saturation (85%). Medium levels of potassium (140 ppm) and magnesium (1.20 me / 100g) were recorded, while calcium (4.80 me / 100g) presented a low value and the cation exchange capacity was low (7.50 me / 100g). The absence of exchangeable aluminum (0.00) indicates favorable conditions for crop development, although the low CEC (Cation Exchange Capacity) and calcium deficiency suggest the need for management practices to improve the availability of these nutrients. In conclusion, the assessment of agricultural soil fertility in the community of Jalluyo Compuyo, Pilcuyo-Ilave district, 2025, reveals moderate limitations for agricultural development. In particular, available phosphorus and exchangeable potassium are below the standards established by the USDA and UNALM. These results confirm that soil conditions meet the fertility standards recommended for sustainable agricultural management.

**Keywords:** Agriculture, Analysis, Fertility, Physicochemical parameters, Soils.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda una problemática crítica que afecta de manera directa la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas: la degradación de la fertilidad de los suelos. Este fenómeno compromete seriamente la capacidad del suelo para cumplir funciones ecológicas esenciales, tales como el almacenamiento de agua, el reciclaje de nutrientes y la captura de carbono, lo que a su vez repercute en la estabilidad ambiental y productiva de las regiones rurales (Combatt et al., 2017).

En la comunidad de Jalluyo Compuyo, ubicada en un entorno donde la agricultura es la principal actividad económica y de subsistencia, la pérdida progresiva de la fertilidad del suelo se manifiesta como una amenaza directa a la biodiversidad local. Asimismo, esta degradación contribuye a procesos de desertificación, acentuando los efectos del cambio climático, y reduciendo la capacidad de resiliencia de los agroecosistemas. Ante esta situación, se vuelve urgente la necesidad de generar conocimiento técnico y contextualizado que permita orientar estrategias de manejo sostenible de los recursos edáficos.

Esta investigación busca aportar información clave para promover una gestión sostenible del suelo, entendida como la base para restaurar su calidad, preservar el equilibrio ambiental y garantizar el bienestar de las familias que dependen de él. La importancia del estudio radica en que responde a una necesidad concreta de la comunidad: la disminución de la productividad agrícola, derivada de suelos empobrecidos, ha afectado notablemente la seguridad alimentaria y los ingresos económicos de las familias campesinas.

A través del diagnóstico de los factores que inciden en la degradación del suelo, así como de la identificación de buenas prácticas agrícolas, esta tesis propone alternativas aplicables que podrían traducirse en beneficios reales para los productores y autoridades comunales, fomentando así una cultura de conservación de los suelos y de producción sostenible.

El desarrollo del presente documento se ha estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I: Se expone el problema de investigación, sustentado con información contextual relevante. A continuación, se presentan antecedentes a nivel internacional, nacional y local relacionados a la fertilizante de suelos, y se definen los objetivos del trabajo, Capítulo II: Se abordan los fundamentos teóricos que sustentan el la variable de investigación como es la fertilidad del suelo y sus parámetros fisicoquímicos y la normativa nacional vigente. Al finalizar, se formulan las hipótesis de la investigación. Capítulo III: Se describe la metodología empleada para llevar a cabo la investigación, detallando la zona Jalluyo Compuyo, el terreno a ser analizado y el enfoque estadístico aplicado. Capítulo IV: Se presentan los resultados después de los análisis de laboratorio, los cuales fueron interpretados de acuerdo a los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM. Finalmente, se exponen las conclusiones derivadas de los hallazgos más relevantes y se plantean recomendaciones prácticas orientadas a la recuperación y conservación de los suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A nivel mundial, la degradación de los suelos constituye una de las principales amenazas para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental del planeta. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), más del 33% de los suelos del mundo se encuentran moderada o altamente degradados debido a la erosión, salinización, compactación, pérdida de materia orgánica y contaminación (Combatt et al., 2017). Entre las causas más comunes se encuentran el uso intensivo de agroquímicos, las malas prácticas agrícolas y la sobreexplotación de tierras cultivables, lo que ha reducido considerablemente la capacidad productiva de los suelos en muchas regiones .

En el Perú, la degradación de suelos es un problema creciente que afecta especialmente a las zonas altoandinas y rurales donde predominan las actividades agrícolas de subsistencia. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2021), más del 40% del territorio nacional presenta algún tipo de degradación del suelo, siendo las causas principales la erosión hídrica, la deforestación, el sobrepastoreo, el uso inadecuado de fertilizantes y pesticidas, así como el cultivo en laderas sin prácticas de conservación (Pintado, 2024). Esta situación impacta directamente en los rendimientos agrícolas, la seguridad alimentaria de las familias campesinas y el equilibrio ecológico. A pesar de los esfuerzos estatales, persiste una débil implementación de políticas de manejo sostenible de suelos, especialmente en zonas rurales y de alta vulnerabilidad.

En el departamento de Puno, cuya economía depende en gran medida de la agricultura y ganadería de subsistencia, la degradación de suelos se ha convertido en un problema ambiental y socioeconómico urgente. La región presenta suelos frágiles, con poca profundidad, baja retención de agua y limitada fertilidad natural (INIA, 2022). Estudios regionales han reportado procesos intensivos de erosión, pérdida de cobertura vegetal y disminución progresiva de la productividad agrícola, especialmente en comunidades rurales que practican cultivos tradicionales como la papa, quinua, cebada y haba, sin medidas adecuadas de rotación o descanso del suelo (Reyes et al., 2022). Esta degradación reduce los ingresos familiares y exacerba la migración rural hacia zonas urbanas.

En la comunidad campesina de Jalluyo Compuyo, ubicada en el distrito de Pilcuyo, provincia de El Collao – Ilave, la degradación de la fertilidad de los suelos agrícolas se ha venido acentuando en los últimos años debido al uso continuo de la tierra sin periodos de recuperación, el escaso empleo de abonos orgánicos, el abandono de prácticas ancestrales de conservación de suelos y la falta de asistencia técnica adecuada. Como resultado, los suelos presentan signos visibles de agotamiento, disminución de materia orgánica, compactación y reducción en la capacidad de retención de nutrientes (AFD, 2024). Esta problemática compromete seriamente la sostenibilidad de la actividad agrícola, que constituye la principal fuente de alimentación e ingresos económicos para las familias de la zona. Es urgente comprender y cuantificar el grado de degradación actual para implementar estrategias de recuperación que aseguren la seguridad alimentaria local y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL.**

¿Cómo es la fertilidad de suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025?

#### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas de la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo – 2025?

- ¿Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas cumplirán con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM?

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Calle et al. (2023), llevaron a cabo una investigación con el objetivo de diagnosticar la fertilidad de los suelos en dos comunidades rurales de La Paz, Bolivia (San Silvestre y Esmeralda), con la finalidad de establecer condiciones óptimas para el cultivo de cacao y café. En la comunidad Esmeralda, los análisis de suelo evidenciaron que para lograr rendimientos adecuados en cacao se requiere la incorporación de 738.5 kg de nitrógeno (N) y 76.07 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ) por hectárea, mientras que en el caso del café, se necesitan 212.5 kg de N por hectárea. En ambos cultivos no es necesario aplicar cal debido al bajo porcentaje de saturación de acidez en los suelos. En la comunidad de San Silvestre, en cambio, los requerimientos nutricionales son más elevados: el cultivo de cacao necesita 788.09 kg de N, 229.03 kg de  $P_2O_5$  y 403.86 kg de potasio ( $K_2O$ ) por hectárea, y el de café, 262.09 kg de N y 21.20 kg de  $P_2O_5$ . Además, se identificó una alta saturación de acidez en estos suelos (46.73 %), superando el nivel tolerado por el cacao y el café, lo que implica la necesidad de encalado. Para corregir esta condición, se recomienda aplicar 4.327 kg de cal agrícola por planta en cacao y 0.439 kg por planta en café, distribuyéndose en dos etapas para lograr una mejor eficiencia en la mejora del suelo.

Pérez et al. (2022), realizaron un estudio enfocado en analizar la fertilidad del suelo mediante indicadores que reflejan su calidad, en diferentes sistemas de producción agrícola. Para ello, analizaron dos combinaciones de cultivo: maíz con Inga vera (M-I) y maíz con Canavalia ensiformis (M-C), comparándolos con dos ecosistemas naturales representativos de la región: bosque de pino-encino (BOS) y selva baja caducifolia (SEL). En la evaluación se consideraron la clase textural del suelo y parámetros clave como la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente, el pH, el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico. Los resultados mostraron que no hubo

diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de producción y los ecosistemas naturales en ninguno de los parámetros analizados. Esto sugiere que el uso de especies leguminosas en sistemas agrícolas podría conservar las propiedades físicas y químicas del suelo en niveles comparables a los observados en suelos de vegetación natural, promoviendo así una agricultura más sostenible.

Mora (2020), desarrolló una investigación en los terrenos de la granja experimental “San Pablo”, situada en el kilómetro 7.5 de la vía Babahoyo-Montalvo, con el objetivo de evaluar la calidad del agua de riego y las características del suelo. Para ello, se realizaron dos muestreos, uno en el río y otro en un pozo, analizando tanto los parámetros físicos como químicos del agua. Los resultados revelaron concentraciones elevadas de ciertos elementos como hierro, manganeso, cobre y calcio, los cuales pueden generar efectos tóxicos en los cultivos, además de niveles muy bajos de boro, un micronutriente esencial. En cuanto al suelo, se identificó una textura franco arcillo limosa en promedio, clasificado dentro del grupo de los entisoles, lo que proporciona información relevante sobre su potencial agrícola y sus necesidades de manejo.

### **1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.**

Ferrua (2023), llevó a cabo un estudio en suelos con cultivo de cacao en el distrito de Canayre, con el objetivo de determinar los niveles de macroelementos y evaluar su estado nutricional. Según los análisis de suelo, se evidenció que el fósforo disponible presenta niveles muy bajos, el nitrógeno total se encuentra entre medio y bajo, y el potasio disponible también es muy bajo, además de identificarse relaciones catiónicas desbalanceadas. Estos desequilibrios nutricionales están fuertemente influenciados por la acidez del suelo, la cual reduce la disponibilidad de elementos esenciales como el fósforo (P), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg). El fósforo fue identificado como el principal factor limitante para el crecimiento y desarrollo de las plantas indicadoras, seguido por otros nutrientes en el siguiente orden de deficiencia:  $P > S > N > K > Ca > Mg >$  micronutrientes (ME). En cuanto al rendimiento, el mayor contenido de materia seca se

registró en los suelos de la localidad de Coronel Portillo y Pacífico cuyos suelos mostraron un mejor estado frente a los de otras zonas evaluadas.

Loayza (2020), realizó una investigación centrada en identificar las causas de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo como consecuencia del cultivo intensivo de papa en la zona de Potreropampa, ubicada en Andahuaylas, Apurímac. El estudio reveló variaciones en las muestras analizadas, destacando un pH promedio de 5.44, lo que indica un terreno ácido; una conductividad eléctrica (CE) de 0.093 mmhos/cm a 25 °C; una capacidad de intercambio catiónico (CIC) promedio de 12.46 meq/100g; una capacidad de campo (C.C) de 23.26 %, una humedad equivalente (H.E) de 23.33 % y un porcentaje de punto de marchitez permanente (P.M.P) de 12.55 %. Estos indicadores reflejan un deterioro progresivo de las propiedades del suelo debido al manejo intensivo del cultivo. Ante este escenario, el estudio propone la implementación de un Programa para la recuperación de estos suelos, orientado a restaurar la fertilidad y garantizar la sostenibilidad del agroecosistema local.

Gomez (2019), llevó a cabo un diagnóstico del nivel de fertilidad del suelo en la comunidad campesina “Tres de Octubre – Zanja”, ubicada en el distrito de Yungar, provincia de Carhuaz, región Áncash, con el objetivo de conocer el estado actual de los suelos agrícolas. Para ello, se utilizaron valores cuantitativos basados en variables edafológicas clave como el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la saturación de bases y de ácidos, las bases totales, la materia orgánica, así como el fósforo y potasio disponibles. Estos parámetros permitieron asignar un puntaje a cada muestra, el cual fue interpretado según rangos establecidos para calificar el nivel de fertilidad del suelo. Los resultados mostraron que las 20 muestras analizadas presentaban un nivel de fertilidad alto, lo que indica condiciones favorables para la actividad agrícola en dicha comunidad.

Ardiles (2019), evaluó la fertilidad de los suelos en la Comunidad Campesina de Pampacancha, ubicada en la provincia de Recuay, región Áncash, identificando principalmente dos clases texturales dominantes: franco arcillo arenoso (46 %) y franco arenoso (31 %), seguidas por las clases franco, franco arcilloso y arcillo arenoso en

menores proporciones. En cuanto a la acidez, la mayoría de los suelos presentan un pH ácido, con valores que oscilan entre 4.19 y 5.57. Respecto al contenido de materia orgánica, se observó que el 69 % de los suelos son pobres y el 31 % moderadamente ricos, con una distribución altitudinal en la que los suelos de zonas bajas y medias tienden a ser más pobres, mientras que los de la zona alta presentan un mejor contenido. Además, se determinó que todos los suelos analizados presentan bajos niveles de fósforo y potasio, aunque los porcentajes de saturación de bases son elevados, entre 85.32 % y 94.24 %. Finalmente, no se detectaron problemas de salinidad, ya que los valores de conductividad eléctrica fueron muy bajos, lo que sugiere condiciones químicas relativamente estables pese a las deficiencias nutricionales.

### **1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.**

Velasquez (2022), llevó a cabo una investigación con el objetivo de evaluar la respuesta de la planta de cañihua ante la fertilidad del suelo, considerando tanto parámetros morfológicos como fisiológicos. El estudio analizó características geométricas de las hojas, dimensión fractal, factores de color y forma, así como variables de crecimiento como la altura de la planta, el diámetro del tallo principal y el contenido de clorofila. El experimento se desarrolló en condiciones de invernadero durante la campaña agrícola 2021–2022, bajo un diseño experimental tipo látice con un tratamiento testigo, otro con aplicación de micorrizas y cinco repeticiones, totalizando 156 plantas. Para el análisis de las hojas se empleó una cámara EO-2323 con lente telecéntrico, y se aplicó un análisis multivariado mediante componentes principales (PCA). Los resultados indicaron que las variedades y accesiones de cañihua pueden ser agrupadas según sus características originarias, siendo que tres componentes principales explicaron entre el 76 % y 77 % de la varianza en el haz y envés foliar. Además, se observó que el tratamiento con micorrizas mejoró significativamente el crecimiento de la planta frente al testigo, mostrando un incremento de 11.68 cm en altura, 0.98 mm en diámetro de tallo y 7.86 % en clorofila.

Mayta y Olivera (2020), realizaron un estudio para evaluar el efecto del uso de *Vicia sativa* (vicia) como cultivo de cobertura y la aplicación de guano de islas en asociación

con el cultivo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), bajo condiciones de secano, es decir, sin riego artificial. El tratamiento más efectivo fue el T4 (Cañihua variedad Cupi + guano de isla + vicia), el cual registró los mayores aportes de macronutrientes al suelo. En cuanto a las condiciones microambientales del suelo, este mismo tratamiento presentó el mejor desempeño con 13.42 % de humedad y una temperatura de 19.33 °C. Además, se evidenció una mayor actividad biológica con 13 macroorganismos identificados (carábidos y lombrices), así como un mejor desarrollo de la planta con una altura promedio de 31.67 cm. Respecto al rendimiento del cultivo, el T4 obtuvo el mayor valor con 1692.5 kg/ha, seguido por el T3 (1475.0 kg/ha), T2 (1187.5 kg/ha) y T1 (1055.0 kg/ha). En cuanto a materia seca, el T4 también destacó con 22.77 %, superando al T3 con 21.71 %. Los resultados demuestran que la asociación de cañihua con vicia favorece la retención de humedad, mejora la fertilidad natural del suelo a través de la fijación biológica de nitrógeno, por lo que se recomienda su implementación como estrategia agrícola sostenible.

Cauna (2019), analizó el mejoramiento de suelos a través de un estudio de caracterización que comparó diferentes tratamientos orgánicos e inorgánicos. Los resultados mostraron que el pH y la conductividad eléctrica (CE) fueron más altos en los suelos tratados con urea (T4), en contraste con aquellos que recibieron abonos orgánicos. En cuanto a la disponibilidad de macronutrientes, el mayor contenido de nitrógeno total se registró en el tratamiento con compost (T2), el fósforo disponible fue más alto en el suelo tratado con estiércol de ovino (T1), y el potasio disponible se encontró en mayor cantidad en el tratamiento con guano de isla (T3). En cambio, el suelo tratado con urea (T4) presentó los niveles más bajos de nitrógeno, fósforo y potasio. Además, al evaluar la presencia de lombrices por metro cuadrado en cuatro fechas distintas, se observó que los suelos tratados con compost (T2) y estiércol (T1) albergaron mayor cantidad de estos organismos beneficiosos, lo que evidencia una mejor actividad biológica. En cuanto al rendimiento de grano, se encontraron diferencias significativas, siendo el tratamiento con compost (T2) el más productivo con 2511.7 kg/ha, mientras que

el tratamiento con urea (T4) registró el rendimiento más bajo con 1498.9 kg/ha. Estos hallazgos destacan la eficacia de los abonos orgánicos, especialmente el compost, en la mejora de la fertilidad y productividad del suelo.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar la fertilidad de suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas de la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo – 2025.
- Comparar la concentración de los parámetros fisicoquímicos con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. NATURALEZA DEL SUELO.

El suelo es un recurso natural esencial que forma parte de la geosfera, compuesto por una combinación de partículas minerales, agua, materia orgánica y oxígeno, cuya interacción permite el desarrollo de la vida vegetal y de múltiples formas de vida. Aunque su capa superficial es delgada, cumple funciones ecológicas vitales: actúa como soporte físico para las plantas, almacena y regula el agua disponible, filtra contaminantes y facilita la recarga de los acuíferos subterráneos. Además, es un sistema vivo que alberga una enorme biodiversidad microbiana, los cuales intervienen en procesos como la descomposición, la formación del humus y el reciclaje de nutrientes necesarios para los ecosistemas y la agricultura sostenible (Rodríguez et al., 2024).

##### 2.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

###### a. Textura:

El empleo de abonos orgánicos en la agricultura ha ganado cada vez más aceptación debido a su bajo costo, disponibilidad local y capacidad para mejorar la calidad del suelo a largo plazo, frente al uso de fertilizantes químicos comerciales. Actualmente, se distinguen dos tipos principales de abonos orgánicos: los sólidos (como el estiércol y el compost) y los líquidos, que requieren ser diluidos en agua para facilitar su absorción por el suelo. Ambos tipos son mezclados con la tierra durante la aplicación, lo que permite una mejor integración con el perfil edáfico (Yong et al., 2019). La actividad agrícola intensiva suele agotar rápidamente la materia orgánica natural del suelo, lo que obliga a

reponer constantemente los nutrientes esenciales. En este contexto, el uso de abonos orgánicos derivados de residuos animales o vegetales es fundamental para restablecer la fertilidad. Además de aportar nutrientes, estos insumos influyen positivamente en tres dimensiones clave del suelo: sus propiedades químicas, físicas y biológicas, promoviendo una estructura más estable, una mayor retención de agua y una mayor actividad microbiana (Volverás et al., 2020).

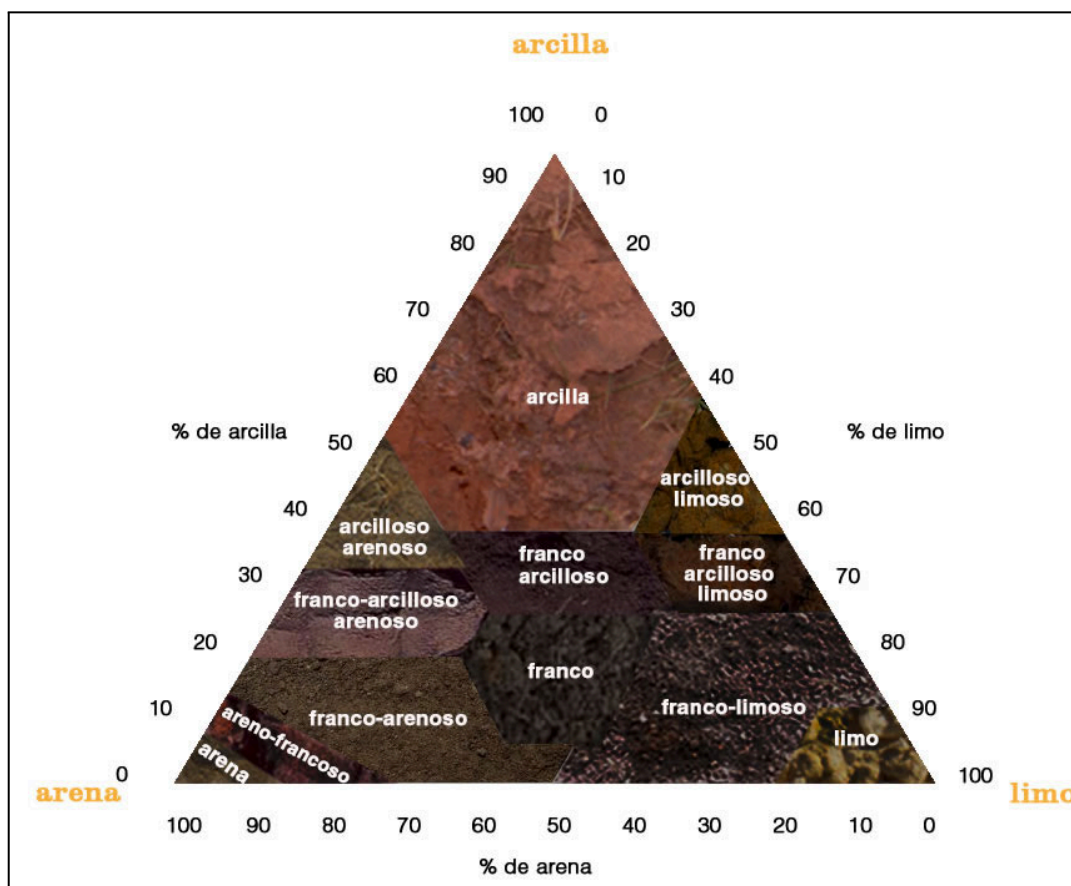
La textura del suelo representa una propiedad física clave que describe la proporción relativa de partículas minerales de diferentes tamaños presentes en un horizonte edáfico. Esta clasificación considera tres fracciones principales: arena (partículas gruesas), limo (intermedias) y arcilla (finas), y se basa en un sistema de límites establecidos entre 2 mm y 2 micras para definir estas categorías.

**Tabla 01:** Presenta la denominación europea completa modificada para las fracciones granulométricas del suelo, junto con sus respectivos rangos de diámetros aparentes.

Denominación de la fracción granulométrica	diámetro de partícula ( $\phi$ ) ( $\mu\text{m}$ )
Arena gruesa: Partículas grandes y rugosas. Alta permeabilidad y buena aireación, pero baja capacidad para retener nutrientes.	600 < $\phi$ < 2000
Arena media: Tamaño intermedio con textura algo menos áspera. Buena porosidad, pero retención de agua y nutrientes todavía limitada.	200 < $\phi$ < 600
Arena fina: Textura más suave. Baja capacidad de retención de nutrientes, pero útil para suelos ligeros con buen drenaje.	60 < $\phi$ < 200
Limo grueso: De tacto sedoso, mayor retención de agua que las arenas. Puede compactarse y dificultar el drenaje si está en exceso.	20 < $\phi$ < 60
Limo medio: Muy suave al tacto, con buena retención de humedad. Suelos con mucho limo pueden ser fácilmente erosionables.	6 < $\phi$ < 20
Limo fino: Prácticamente imperceptible al tacto. Excelente capacidad de retención de agua, pero puede provocar compactación.	2 < $\phi$ < 6
Arcilla: Fracción más fina. Alta capacidad de retención de agua y nutrientes, pero baja aireación y tendencia a la compactación si está en exceso.	$\phi$ < 2

**Fuente:** (Volverás et al., 2020).

Las combinaciones de estos componentes originan diferentes clases texturales, como franco, franco arenoso o arcilloso, las cuales determinan la estructura, porosidad y comportamiento hídrico del suelo, afectando directamente la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas (Velazquez et al., 2022). Para representar las distintas clases texturales se han construido los triángulos de textura o diagramas triangulares. Para facilitar su análisis e interpretación, se utiliza el triángulo de textura, una herramienta gráfica que permite ubicar cualquier muestra de suelo según sus proporciones de arena, limo y arcilla, y con ello anticipar su comportamiento agrícola y ecológico.



**Figura 01:** Triángulos de textura del suelo.

**Fuente:** (Rodríguez et al., 2024).

#### b. Distribución de tamaño de partículas.

Cuando las partículas del suelo se suspenden en una columna de agua, estas tienden a acomodarse según su tamaño, sedimentando de forma diferencial. Las partículas más

gruesas, como la arena, descienden más rápidamente que las más finas, como el limo o la arcilla. Esta variación en la velocidad de sedimentación permite que las fracciones del suelo se separen en distintos rangos granulométricos (Torres et al., 2021). Este comportamiento físico puede ser descrito mediante la Ley de Stokes, que permite calcular la velocidad de caída de las partículas en función de su radio, densidad, la viscosidad del agua y la gravedad. Esta ley es fundamental para los análisis texturales en laboratorio, ya que facilita la determinación cuantitativa de las proporciones de arena, limo y arcilla en una muestra, lo que a su vez permite conocer el comportamiento hidrológico y mecánico del suelo.

$$V = \frac{2 * r^2 * (D_p - D_1) * g}{9 * Z}$$

Donde:

**V:** velocidad de sedimentación (cm/s),

**r:** radio efectivo de la partícula (cm),

**D<sub>p</sub>:** densidad de la partícula (g/cm<sup>3</sup>),

**D<sub>1</sub>:** densidad del agua (g/cm<sup>3</sup>),

**g:** aceleración de la gravedad (cm/s<sup>2</sup>),

**Z:** viscosidad absoluta del agua (poises = g/cm·s).

**c. Densidad aparente:**

La densidad aparente es una propiedad física del suelo que refleja su grado de compactación, y se expresa como la masa de suelo seco por unidad de volumen total (incluyendo los poros). Este indicador es clave porque influye directamente en procesos esenciales como la infiltración del agua, la profundidad de penetración de las raíces, la porosidad, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, así como en la actividad de los microorganismos edáficos (Lince, 2022). Un suelo con alta densidad aparente suele presentar una estructura compacta, con menos espacios porosos, lo que puede limitar el desarrollo radicular y la circulación del agua y del aire.

### 2.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

#### a. Capacidad de intercambio catiónico.

El suelo es un sistema complejo en el que se producen múltiples interacciones físicoquímicas y biológicas que influyen directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Comprender estos procesos dinámicos permite una mejor gestión de las propiedades del suelo, lo que a su vez puede favorecer la eficiencia en la absorción de nutrientes y mejorar significativamente el rendimiento de los cultivos (Álvarez et al., 2021). Las plantas absorben los nutrientes del suelo en forma de cationes (como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ) y aniones (como  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ) presentes en la solución del suelo. Durante este proceso, las raíces liberan otros iones como  $H^+$ ,  $OH^-$  y  $HCO_3^-$ , lo que provoca cambios en las concentraciones iónicas. Sin embargo, dichos cambios son amortiguados por la capacidad del suelo para absorber iones en las superficies de sus componentes minerales, especialmente en las arcillas y en materiales como la caliza. Estos iones adsorbidos no permanecen de forma permanente, sino que pueden ser absorbidos de manera parcial cuando hay una disminución de su concentración en la solución del suelo, permitiendo así un suministro continuo y equilibrado de nutrientes para las plantas.

#### b. Cationes

- **Potasio:** El potasio ( $K^+$ ) se encuentra mayormente asociado a minerales primarios y arcillas secundarias dentro del suelo, por lo que su presencia está fuertemente influenciada por la textura del mismo. Los suelos con alto contenido de arcilla tienden a tener mayores reservas de potasio, mientras que los suelos arenosos, especialmente aquellos muy meteorizados, suelen ser pobres tanto en arcilla como en  $K^+$  (Calderón et al., 2018). En minerales como las micas (estructuras 2:1), el  $K^+$  se ubica entre capas cristalinas, y mediante procesos de meteorización puede liberarse e intercambiarse por otros cationes hidratados como  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  o  $Mg^{2+}$ . Esta sustitución produce una expansión de las capas minerales, incrementando su separación de 1.0 nm (mica) a 1.4 nm (vermiculita). Además, en medios con alta

concentración de  $H^+$  y baja disponibilidad de  $K^+$ , se favorece la liberación del potasio no intercambiable (INTAGRI, 2017).

- **Calcio:** El calcio ( $Ca^{2+}$ ) está presente en diversos minerales del suelo, particularmente en aluminosilicatos como los feldespatos y anfíboles, así como en formas más solubles como fosfatos y carbonatos. En suelos calcáreos, el Ca se presenta comúnmente como calcita ( $CaCO_3$ ) o dolomita ( $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ), los cuales contribuyen a la alcalinidad del suelo (Torres et al., 2021). En regiones áridas, también puede acumularse como yeso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), especialmente en los horizontes superficiales.
  - **Magnesio.** El magnesio ( $Mg^{2+}$ ) se encuentra en arcillas secundarias como clorita, vermiculita, illita y montmorillonita, así como en minerales como la dolomita y el carbonato de magnesio ( $MgCO_3$ ). En suelos de zonas áridas, también puede presentarse como  $MgSO_4$  (Di Gerónimo et al., 2018). El Mg se distribuye en tres formas: no intercambiable (mayoritaria), intercambiable y soluble en agua. Solo el 5 % del magnesio total es intercambiable y, junto con la fracción soluble, constituye la forma más importante para la nutrición vegetal. Aunque una pequeña parte se asocia a la materia orgánica, representa menos del 1 % del total del Mg en el suelo (Owen, 1995).
  - **Sodio.** El sodio ( $Na^+$ ) no es un nutriente esencial para la mayoría de cultivos, pero resulta fundamental para las plantas halófitas, que requieren salinidad para su desarrollo. En condiciones de baja disponibilidad de potasio, el  $Na^+$  puede sustituir parcialmente al  $K^+$  en ciertos procesos fisiológicos, mostrando efectos positivos en el crecimiento vegetal en suelos con limitaciones nutricionales (Torres & Acevedo, 2008).
- c. Aniones.**
- **Cloruro.** El ión cloruro ( $Cl^-$ ) forma sales muy solubles, como el cloruro de sodio ( $NaCl$ ), que pueden alcanzar niveles tóxicos en el suelo. Estas sales tienden a cristalizar durante la estación seca, formando eflorescencias visibles con sabor

salado. Su presencia puede alterar el equilibrio iónico en el suelo y requiere ser eliminada mediante lavado en condiciones de buen drenaje para evitar la acumulación de sales perjudiciales (Osorio & Céspedes, 2000).

- **Sulfato.** Los sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) se introducen al suelo principalmente por el uso de fertilizantes y el riego con aguas provenientes de zonas industriales. Al igual que los nitratos, son aniones móviles y susceptibles a la lixiviación, especialmente cuando el agua percola con facilidad, desplazándolos hacia capas más profundas y reduciendo su disponibilidad para las plantas (Rodríguez et al., 2019).
- **Carbonato y bicarbonato.** El carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es el componente predominante en suelos calcáreos, influyendo en sus propiedades físicas y químicas. En concentraciones moderadas, favorece la estructura del suelo y la circulación del agua, pero si supera el 25 %, puede formar agregados duros que obstruyen los microporos, disminuyendo la percolación y la retención de humedad. Su distribución en el perfil del suelo es clave para comprender su impacto agronómico (Santoyo et al., 2021).
- **Nitrato.** El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es un anión altamente soluble y fácilmente asimilable por las plantas, aunque también es muy susceptible a pérdidas por lixiviación, especialmente en suelos de clima húmedo o bajo riego intensivo. Su absorción se ve favorecida en suelos con pH ácido, pero debido a su movilidad, representa una de las principales fuentes de pérdida de nitrógeno del sistema edáfico (Cerón & Ancizar, 2012).
- **Fosfato.** El fósforo absorbido por las plantas se encuentra en forma de fosfatos, como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ . A pesar de que el fósforo total del suelo puede ser alto, su disponibilidad es limitada, ya que gran parte se encuentra fijada en formas no asimilables. La forma predominante de fosfato en la solución del suelo depende del pH: en valores inferiores a 7.2 predomina  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , mientras que en suelos más alcalinos se impone  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Su baja movilidad y disponibilidad hacen del fósforo uno de los nutrientes más críticos para la productividad agrícola (Rojas et al., 2020).

**d. Materia orgánica.**

La materia orgánica (M.O.) del suelo está formada por residuos de origen vegetal y animal, los cuales se descomponen y transforman continuamente. Este componente desempeña un papel clave en la fertilidad del suelo, tanto física como química, al influir en la estructura, la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico. La M.O. es un conjunto heterogéneo de compuestos en diferentes grados de transformación, cuya incorporación constante mediante prácticas sostenibles es esencial para mantener la actividad biológica del suelo y su capacidad de sostener cultivos a largo plazo (Santoyo et al., 2021).

#### **e. Acidez y basicidad**

La acidez del suelo se evalúa mediante la medición del pH, que indica la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) en la solución del suelo. Este valor ofrece una estimación rápida del potencial riesgo de toxicidad por acidez o de deficiencia por alcalinidad. La forma más común de medir el pH es mediante una suspensión de suelo en agua, utilizando proporciones como 1:1, 1:2.5 o 1:5, dependiendo del objetivo del análisis (Rodríguez et al., 2019).

En estudios de salinidad, es frecuente medir el pH de la pasta saturada, que generalmente muestra un valor inferior al de la suspensión 1:2.5. Por ello, es fundamental considerar el método y la proporción utilizada al interpretar los resultados. En sistemas naturales, el pH en agua (relación 1:2.5) suele encontrarse entre 4.5 y 10, lo cual refleja una gran variabilidad en las condiciones edáficas según el tipo de suelo y el manejo agrícola (Owen, 1995).

#### **2.1.4. FERTILIDAD DE SUELOS.**

La fertilidad del suelo es el resultado de un proceso dinámico en el que los nutrientes circulan constantemente entre formas orgánicas e inorgánicas. Este ciclo es impulsado en gran medida por la actividad microbiana: a medida que los microorganismos descomponen restos vegetales y desechos animales, liberan nutrientes minerales a la solución del suelo mediante un proceso conocido como mineralización. Sin embargo, estos mismos microorganismos también pueden absorber dichos nutrientes para su

propio crecimiento. Así, el equilibrio entre mineralización e inmovilización está condicionado por la disponibilidad de carbono orgánico y la relación entre los principales nutrientes.

Por otro lado, muchos nutrientes esenciales, como el potasio y diversos micronutrientes, se encuentran retenidos en las superficies con carga negativa de las partículas del suelo (como las arcillas y la materia orgánica) a través del intercambio catiónico, un mecanismo fundamental para mantener su disponibilidad a las raíces. Estos procesos, en conjunto, determinan la capacidad del suelo para sostener el crecimiento vegetal de forma sostenida y equilibrada (Pintado, 2024).

#### **2.1.5. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD.**

La degradación de la fertilidad del suelo se refiere a la disminución progresiva de su capacidad para sostener la vida y mantener procesos productivos. Este fenómeno involucra alteraciones en las propiedades químicas, físicas, biológicas y fisicoquímicas del suelo, afectando negativamente su estructura y funcionalidad. Cuando el suelo se degrada, pierde su potencial para aportar nutrientes, retener agua y albergar microorganismos beneficiosos, reduciendo así su aptitud agrícola y ecológica (Rodríguez et al., 2024).

Desde el punto de vista químico, la degradación puede deberse a múltiples factores, como la acidificación del suelo o la pérdida de nutrientes esenciales, incluso el aumento de la toxicidad por acumulación de elementos químicos en concentraciones dañinas para las plantas. En cuanto a la degradación física, esta se manifiesta mediante la destrucción de la estructura del suelo y la pérdida de la capacidad de retención hídrica, lo que limita la infiltración y el crecimiento radicular (Combatt . et al., 2017).

La degradación biológica, por su parte, se evidencia principalmente por la disminución del contenido de materia orgánica, lo cual debilita la actividad microbiana y reduce la disponibilidad de nutrientes. Además, la erosión del suelo, especialmente la de origen antrópico, ocurre con mayor rapidez y severidad en comparación con la erosión geológica o natural, que es un proceso lento y gradual.

### 2.1.6. PARÁMETROS DE FERTILIDAD USDA - UNALM

Los parámetros de fertilidad USDA - UNALM corresponden a una serie de valores de referencia diseñados para evaluar la calidad y fertilidad de los suelos agrícolas. Estos criterios han sido adoptados y, en algunos casos, adaptados por la UNALM a partir del sistema de clasificación del USDA (UIFAU, 2022).

Dichos parámetros (ver Anexo 02) permiten interpretar los resultados obtenidos en análisis de suelos, clasificando los niveles de nutrientes o propiedades químicas en categorías, en función de su influencia sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En la UNALM, este sistema se utiliza ampliamente como herramienta técnica en diversos contextos (UIFAU, 2022):

- Evaluación e interpretación de análisis de suelos agrícolas.
- Planificación y toma de decisiones en programas de fertilización.
- Diseño e implementación de proyectos de manejo sostenible de suelos.
- Valoración de la calidad de compost y otros tipos de enmiendas orgánicas.

### 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ):** Este nutriente esencial se encuentra en el suelo principalmente en forma de carbonatos, silicatos y yeso. Desempeña un papel clave en la estabilidad física del suelo y en el equilibrio estructural de los agregados. Su disponibilidad varía según el tipo de suelo y las condiciones climáticas predominantes (Torres et al., 2021).

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC):** Se refiere a la habilidad del suelo para retener y liberar cationes, permitiendo el suministro continuo de nutrientes a las plantas. Este parámetro depende de la cantidad de arcilla y materia orgánica presentes en el suelo, y es un indicador importante de su fertilidad (Álvarez et al., 2021).

**Carbonatos y bicarbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$  /  $\text{HCO}_3^-$ ):** Estos compuestos afectan tanto la estructura como la química del suelo. Si bien pueden mejorar la capacidad de retención de agua, su acumulación excesiva puede obstruir los microporos, reduciendo la percolación y limitando el crecimiento radicular (Santoyo et al., 2021).

**Cloruros (Cl<sup>-</sup>):** Son sales altamente solubles que, en concentraciones elevadas, pueden generar toxicidad para los cultivos. Además, alteran la solubilidad de otros elementos por el efecto de ion común, requiriendo manejo mediante lavado y buen drenaje (Osorio & Céspedes, 2000).

**Fertilidad del suelo:** Se refiere a su capacidad para suministrar a las plantas los nutrientes esenciales necesarios para su desarrollo. Esta cualidad crucial se logra mediante un delicado equilibrio entre los procesos de mineralización (Pintado, 2024).

**Fosfatos (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> / HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):** Son las principales formas de fósforo absorbibles. Su disponibilidad depende del pH del suelo y, a diferencia del nitrógeno y potasio, suele encontrarse en menores concentraciones, lo que lo convierte en un factor limitante en muchos suelos agrícolas (Rojas et al., 2020).

**Magnesio (Mg<sup>2+</sup>):** Elemento indispensable para la síntesis de clorofila y la fotosíntesis. Se encuentra en minerales arcillosos y en suelos calcáreos, aunque solo una pequeña fracción está disponible para las plantas (Di Gerónimo et al., 2018).

**Materia orgánica del suelo:** Conjunto de restos vegetales y animales en descomposición que mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y sirve de fuente de nutrientes y energía para los microorganismos (Santoyo et al., 2021).

**Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):** Forma soluble del nitrógeno que las plantas absorben fácilmente. Debido a su alta movilidad, puede perderse por lixiviación en zonas de riego o en climas húmedos si no se maneja adecuadamente (Cerón & Ancizar, 2012).

**pH del suelo:** Medida que indica el grado de acidez o alcalinidad del suelo. Afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica, siendo clave para el diagnóstico de la salud del suelo (Rodríguez et al., 2019; Owen, 1995).

**Potasio (K<sup>+</sup>):** Nutriente esencial involucrado en la regulación hídrica de las plantas, la formación de proteínas y la resistencia a enfermedades. Su disponibilidad depende del tipo de suelo y del grado de meteorización (INTAGRI, 2017).

**Sodio ( $\text{Na}^+$ ):** Aunque no es esencial para todas las plantas, es vital para especies halófilas. Puede reemplazar parcialmente al potasio en ambientes deficientes, pero su exceso genera dispersión de partículas, compactación del suelo y pérdida de estructura (Torres & Acevedo, 2008).

**Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ):** Son compuestos con una alta movilidad en el suelo, lo que los hace susceptibles de lixiviarse con facilidad, particularmente bajo condiciones de riego intenso o en la proximidad de fuentes de contaminación industrial (Rodríguez et al., 2019).

**Suelo:** Se constituye de una intrincada matriz de minerales, materia orgánica, agua y aire, cuya interacción posibilita el sustento de la vida vegetal. Este recurso natural desempeña funciones fundamentales como el soporte biológico para una vasta diversidad de microorganismos (Rodríguez et al., 2024).

**Textura del suelo:** Describe la proporción relativa de partículas minerales de distintos tamaños (arena, limo y arcilla). Esta propiedad física determina la capacidad de retención de agua, aireación y facilidad de laboreo, influenciando el comportamiento de los cultivos (Volverás et al., 2020).

### 2.3. MARCO NORMATIVO

- Servicio Nacional de Certificación Ambiental (SENACE): Según lo dispuesto en el artículo 1 del Decreto Supremo N.º 017-2009-AG, se establece como objetivo regular la capacidad de uso mayor de las tierras, buscando garantizar un aprovechamiento sostenible y adecuado de los suelos, considerando sus características físicas y su vocación productiva.
- El artículo 31º de la Ley N° 28611: Este artículo define a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) como herramientas de cumplimiento obligatorio, alineadas a la normativa ambiental vigente del país. Los ECA se constituyen como parámetros técnicos imprescindibles en la elaboración, implementación y evaluación de los instrumentos de gestión ambiental.
- Decreto Legislativo N.º 1013, Artículo 7, literal d): La norma que regula la estructura y funciones del Ministerio del Ambiente establece que esta entidad tiene la

responsabilidad de formular y aprobar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

- Política Nacional del Ambiente – Decreto Supremo N.º 012-2009-MINAM: En el Eje 2: Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, se señala como prioridad el establecimiento de parámetros técnicos para controlar y mantener la calidad del aire, agua y suelo. Este enfoque busca reforzar la prevención y control de la contaminación.

## **2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.**

La fertilidad de suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025, no es óptima para el cultivo.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.**

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas de la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo, muestran un rango inaceptable.
- La concentración de los parámetros fisicoquímicos no cumplen con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM.

## CAPÍTULO III

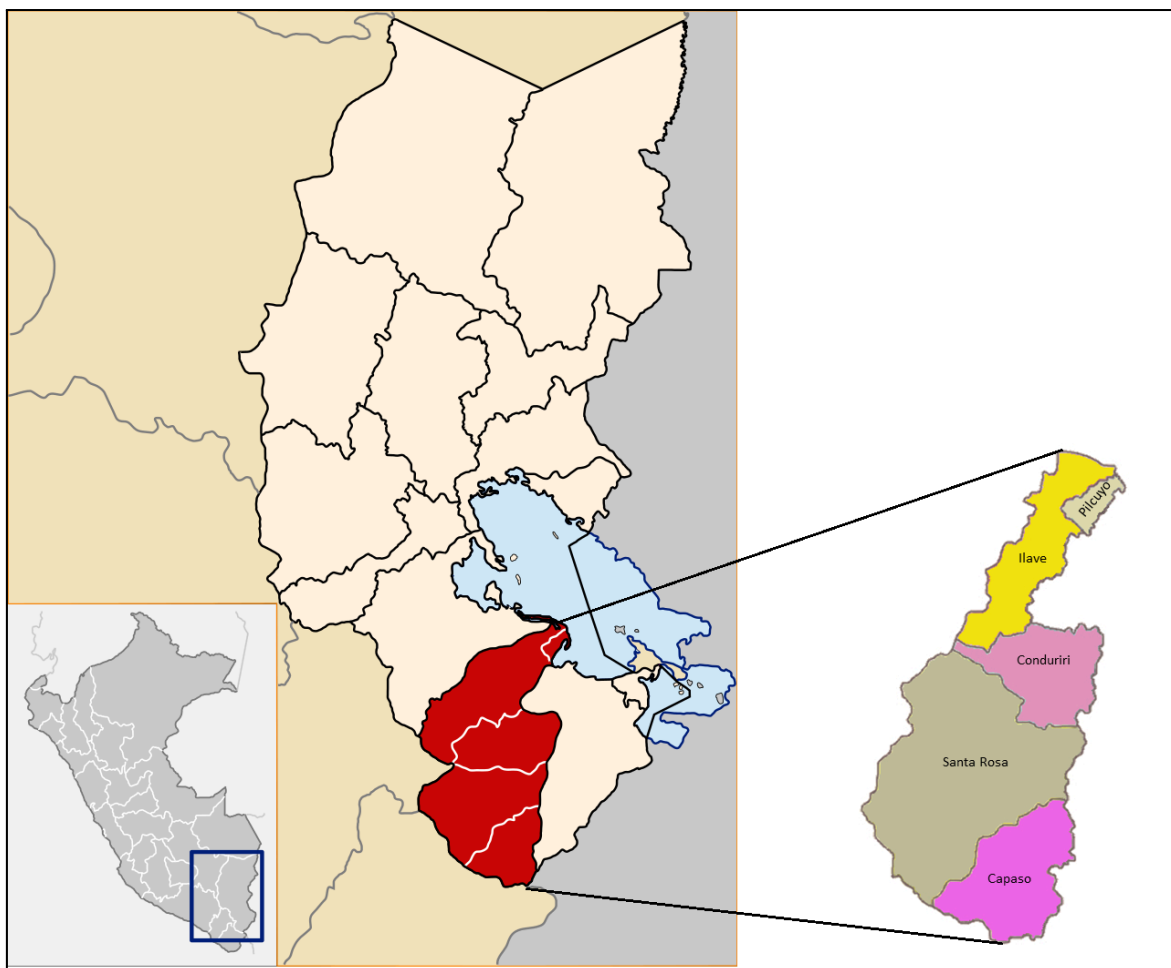
### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrollará en la comunidad campesina de Jalluyo Compuyo, ubicada en el distrito de Pilcuyo, provincia de El Collao, departamento de Puno, al sur del Perú. Esta comunidad forma parte del altiplano puneño, caracterizado por una topografía ondulada y presencia de suelos predominantemente utilizados para la agricultura de subsistencia.

Las coordenadas geográficas aproximadas del centro de la comunidad son: coordenadas UTM (WGS 84) zona 19S: 413000 E y 8161000 N.

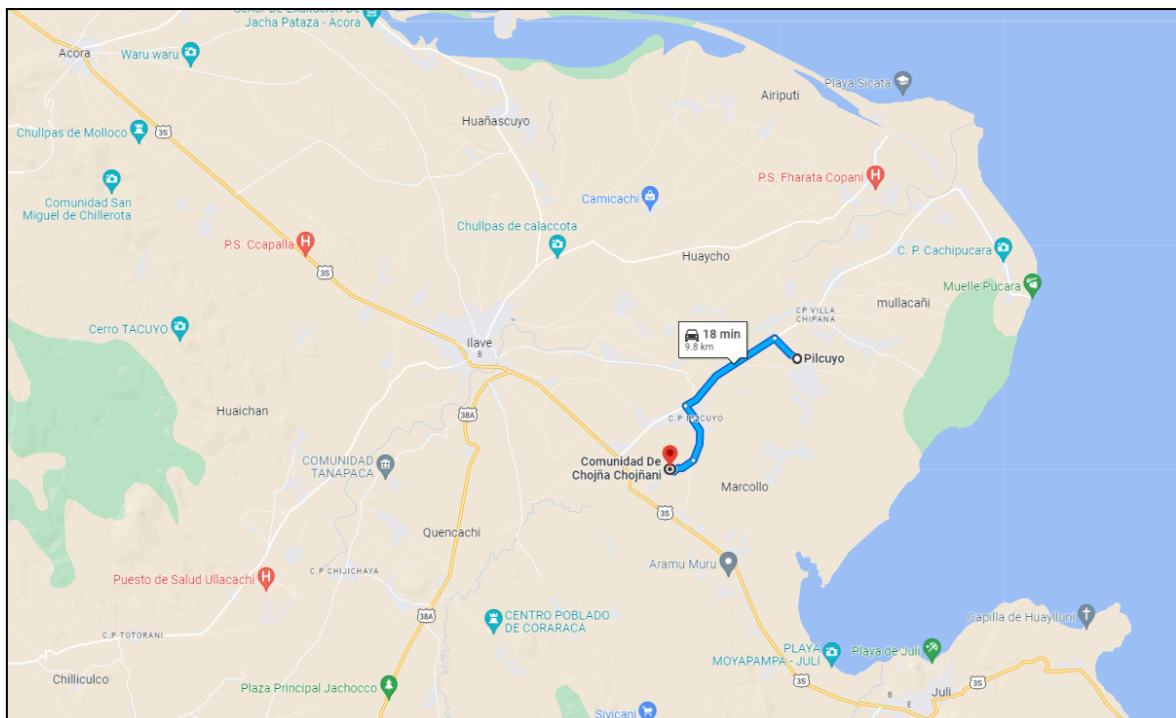
Desde el punto de vista ambiental, la zona presenta un clima frío y seco, con una temperatura promedio anual que varía entre los 6 °C y 10 °C, y precipitaciones que se concentran entre los meses de diciembre a marzo, con un rango de 600 a 800 mm anuales. Los suelos de esta región son de origen volcánico y aluvial, con una textura predominantemente franco-arenosa, y están sujetos a procesos de degradación debido al sobrepastoreo, la labranza intensiva y el uso inadecuado de fertilizantes.



**Figura 02:** Ubicación del Distrito de Pilcuyo.

La comunidad de Jalluyo Compuyo se dedica principalmente a la agricultura de papa, quinua, cebada y oca, actividades que dependen de la calidad y fertilidad de los suelos. Sin embargo, se ha observado en los últimos años una disminución en los rendimientos agrícolas, lo que sugiere posibles alteraciones en la composición físico-química de los suelos, haciendo necesario un análisis detallado de su fertilidad.

Asimismo, desde el enfoque ambiental, la zona enfrenta retos como la escasa rotación de cultivos, limitada asistencia técnica agropecuaria y el cambio climático, lo cual incrementa el riesgo de erosión y agotamiento de nutrientes del suelo. Por tanto, resulta imprescindible contar con una evaluación técnica que permita identificar el estado actual de los suelos agrícolas de esta comunidad, para orientar futuras acciones de manejo sostenible.



**Figura 03:** Ubicación de la Comunidad de Jalluyo Compuyo.

**Fuente:** Adaptado de las imágenes de Google Maps.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN.

La población de estudio está conformada por las tierras agrícolas de la comunidad campesina de Jalluyo Compuyo, ubicada en el distrito de Pilcuyo, provincia de El Collao, departamento de Puno. Según registros proporcionados por las autoridades comunales y la junta de usuarios, la comunidad está integrada por 26 familias, cada una de las cuales posee en promedio 3 hectáreas de terreno agrícola, lo que representa un total estimado de 78 hectáreas de superficie productiva.

Sin embargo, no la totalidad de esta superficie es destinada activamente al cultivo. De acuerdo con información recopilada en campo y entrevistas semiestructuradas con los productores locales, se ha identificado que solo 22 hectáreas son utilizadas de forma continua para la producción agrícola de cultivos andinos como papa (*Solanum tuberosum*), quinua (*Chenopodium quinoa*), oca (*Oxalis tuberosa*), haba (*Vicia faba*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Esta superficie cultivada constituye la población real del

estudio, ya que representa el universo de unidades de suelo que están directamente involucradas en actividades agroproductivas y, por lo tanto, relevantes para la evaluación de la fertilidad edáfica.

Estas tierras agrícolas se encuentran ubicadas dentro de un mismo ecosistema agroecológico, compartiendo características similares en cuanto a altitud (promedio de 3,880 m s.n.m.), régimen hídrico, prácticas agrícolas tradicionales, uso limitado de fertilizantes y cobertura vegetal. Estas condiciones contribuyen a establecer un grado razonable de homogeneidad agroambiental, lo que facilita un abordaje estadístico más robusto en el diseño del muestreo.

### **3.2.2. MUESTRA.**

Para la selección de la muestra se ha considerado que esta debe representar adecuadamente las 22 hectáreas de suelos agrícolas activamente cultivados, las cuales presentan condiciones homogéneas en términos de altitud, tipo de manejo agronómico, textura aparente del suelo y uso histórico del terreno. Dicha homogeneidad permite el uso de **01** muestreo compuesto y dirigido, técnica recomendada para estudios de fertilidad de suelos en superficies reducidas y con baja variabilidad espacial aparente.

## **3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Es descriptiva; porque se recolecta información de varias muestras sobre un mismo fenómeno a fin de comparar los datos recogidos.

### **3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

No experimental.

### **3.3.3. MÉTODO.**

Deductivo - Cuantitativo

### 3.3.4. MATERIALES

**Tabla 02:** Materiales utilizados.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID. DE MEDIDA
<b>REQUERIMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPOS</b>			
1	Análisis de laboratorio	3	global
2	Wincha o flexómetro	1	global
3	Lampas	2	global
4	Bolsas zip plock	5	unidades
<b>REQUERIMIENTO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>			
5	Guantes de jebe	10	pares
6	Barbijos y/o mascarillas	10	global
7	Mamelucos y/o chalecos	6	global
8	Botas de jefe	6	pares

### 3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**a. Determinar el resultado del análisis físico-químico de suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo – Pilcuyo, 2025.**

#### **Preparación previa al muestreo**

Antes del inicio de la recolección de muestras de suelo, se llevaron a cabo actividades de preparación logística y técnica que aseguraron la representatividad y trazabilidad de los datos. Estas actividades incluyeron:

Ubicación y delimitación de parcelas agrícolas: Se realizó una inspección preliminar mediante visitas de campo y coordinaciones con los productores locales, a fin de identificar parcelas representativas de las condiciones edáficas y agronómicas de la comunidad.

#### **Criterios de selección del terreno para la muestra:**

- Haber sido cultivadas en una campaña agrícola reciente, garantizando condiciones similares de uso del suelo.
- Contar con acceso autorizado por los propietarios.
- Presentar representatividad en cuanto a textura del suelo, altitud, tipo de cultivo y manejo agronómico tradicional.
- Se seleccionó una parcela agrícola representativa.

#### **Momento de muestreo**

El muestreo fue realizado durante la etapa de poscosecha, cuando el suelo se encontraba expuesto, sin cobertura vegetal, y con mínima alteración por labores agrícolas. Esta fase permitió acceder de manera directa a la capa arable o horizonte A, que fue el foco del análisis de fertilidad.

Se evitó estrictamente realizar el muestreo en condiciones de exceso de humedad, tales como durante o inmediatamente después de lluvias intensas, dado que la saturación hídrica podía inducir errores en los análisis físico-químicos (como la subestimación de la conductividad eléctrica o modificación del pH).

#### **Profundidad y tipo de muestreo**

La extracción de las muestras se efectuó a una profundidad estándar de 0 a 20 cm, correspondiente al horizonte superficial, donde se concentraban la mayoría de las raíces absorbentes, la materia orgánica y la actividad microbiana.

- El método de muestreo adoptado fue de tipo compuesto o combinado, lo que implicó lo siguiente:
- En cada parcela se delimitaron entre 5 a 10 subpuntos de muestreo, distribuidos en un patrón de zigzag o transecto diagonal, garantizando cobertura homogénea de

toda la unidad productiva.

- En cada subpunto, se extrajo una porción de suelo utilizando herramientas adecuadas como barreno de suelos, pala de corte o tubo muestreador de acero inoxidable o PVC.
- Las porciones recolectadas fueron colocadas en un recipiente limpio de plástico (balde), donde fueron mezcladas manualmente para conformar una única muestra compuesta por parcelas.

### **Cantidad y manejo de la muestra**

De cada muestra compuesta, se extrajo un volumen aproximado de 1 kilogramo de suelo, el cual fue acondicionado en bolsas plásticas limpias y gruesas, o en su defecto, en bolsas de papel kraft resistente, para evitar alteraciones físico-químicas durante el transporte.

Cada bolsa fue etiquetada adecuadamente con la siguiente información:

- Código alfanumérico de muestra
- Nombre del cultivo asociado (e.g., papa)
- Fecha de recolección
- Número o nombre de la parcela / ubicación georreferenciada

Las muestras fueron almacenadas en condiciones de sombra y temperatura ambiente estable, y fueron trasladadas en un máximo de 48 horas al laboratorio para su respectivo análisis.

### **b. Comparar el estado de los suelos con los parámetros de fertilidad USDA - UNALM.**

Una vez culminado el proceso de análisis de laboratorio, **se obtuvieron** los resultados cuantitativos de los principales parámetros físico-químicos de los suelos agrícolas evaluados. La información obtenida **fue contrastada** con los rangos de referencia establecidos por dos entidades reconocidas en el diagnóstico y manejo de fertilidad de suelos:

La Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), que dispuso de cuadros de interpretación agronómica ajustados a condiciones edafoclimáticas andinas, incluyendo zonas altoandinas como la región de Puno. Estas referencias permitieron establecer umbrales óptimos para la producción de cultivos tradicionales como papa, quinua, oca, cebada y haba.

La comparación técnica se realizó mediante una matriz de análisis comparativo, en la cual cada valor de las muestras fue ubicado en el rango correspondiente del estándar de referencia. Esto permitió clasificar la condición de fertilidad de los suelos evaluados en función de categorías como:

**Deficiente – Bajo – Óptimo – Alto – Excesivo**, según el criterio técnico utilizado por cada institución.

### 3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 03.:**Operacionalización de Variables de la investigación.

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>V.I.</b>	Poseen	Parámetros	Nitrógeno (mg/dl)	Porcentaje
Suelos	concentraciones	fisicoquímicos	Fósforo (mg/dl)	Porcentaje
cultivados	altas de	.	Potasio (mg/dl)	Porcentaje
	nutrientes.		Textura (Arena, limo y arcilla)	Porcentaje
			Densidad (Porosidad)	Porcentaje
			Humedad (Contenido de H <sub>2</sub> O)	Porcentaje
			Conductividad eléctrica (CE Salinidad)	Porcentaje
			Potencial de hidrógeno	Porcentaje

---

			(pH)	
			Materia orgánica	
			(M.O.)	
<b>V.D.</b>	Proceso de	Variación de	Parámetros comunes	Alta
Fertilidad	pérdida de las	parámetros	que se evalúan (según	Media
	propiedades	físico	USDA - UNALM).	Baja
	físicas, químicas	químicos		
	y biológicas del			
	suelo, como			
	consecuencia del			
	uso inadecuado,			
	la			
	sobreexplotación			
	o la falta de			
	prácticas			
	sostenibles.			

---

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA COMUNIDAD DE JALLUYO COMPUYO, DISTRITO DE PILCUYO

**Tabla 04:** Parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Unidad	Suelo cultivado
pH	unid. pH	6.10
Conductividad E.	mS/cm	0.25
Fósforo (P)	ppm	18.50
Potasio (K)	ppm	140.00
Ca <sup>2+</sup>	me/100g	4.80
Mg <sup>2+</sup>	me/100g	1.20
Aluminio Cambiable	Al <sup>3-</sup>	0.00
Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> )	%	0.00
Nitrógeno total	%	0.27
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	me/100g	7.50
Saturación de base	%	85.00
Arena	%	68.00

Arcilla	%	16.00
Limo	%	16.00
Clase textural	%	Franco arenoso
Materia orgánica	%	5.40

Conforme a los resultados de la tabla 04, el suelo cultivado evaluado presenta un pH de 6,10, condición ligeramente ácida que favorece la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes esenciales para los cultivos. La conductividad eléctrica es de 0,25 mS/cm, lo que indica un contenido bajo de sales solubles y, por lo tanto, ausencia de problemas de salinidad. El fósforo disponible alcanza un valor de 18,50 ppm, mientras que el potasio intercambiable es de 140,00 ppm, ambos nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal. Entre los cationes de cambio, el calcio presenta una concentración de 4,80 me/100g y el magnesio 1,20 me/100g, sin presencia de aluminio intercambiable, lo que sugiere que no existen limitaciones por toxicidad de este elemento. Asimismo, no se detectó presencia de carbonatos, por lo que no se observa influencia de sales carbonatadas en el pH del suelo.

El contenido de nitrógeno total es de 0,27 %, reflejando una adecuada provisión de este nutriente para los cultivos. La capacidad de intercambio catiónico alcanza 7,50 me/100 g, valor que evidencia una capacidad media de retener cationes en el complejo de cambio, mientras que la saturación de bases es de 85,00 %, indicando una predominancia de cationes básicos sobre los ácidos. Desde el punto de vista físico, el análisis granulométrico revela un contenido de arena del 68 %, arcilla del 16 % y limo del 16 %, clasificándose texturalmente como un suelo franco arenoso. Finalmente, la materia orgánica alcanza un 5,40 %, lo que refleja una condición favorable para la actividad biológica y la estructura del suelo.

## **4.2. COMPARAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS CON LOS ESTÁNDARES DE FERTILIDAD ESTABLECIDOS POR LA USDA Y LA UNALM**

**Tabla 05:** Comparación de resultados con los parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM).

Parámetros	Unidad	Suelo cultivado	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
pH	unid. pH	6.10	Ácido (<5.5), <b>Óptimo</b> (5.5–7), alcalino (>7.5)	<b>Óptimo</b>
Fósforo (P)	ppm	18.50	Bajo (<5), medio (5–15), <b>alto</b> (>15)	<b>Alto</b>
Potasio (K)	ppm	140.00	Bajo (<100), <b>medio</b> (100–200), alto (>200)	<b>Medio</b>
Ca <sup>2+</sup>	me/100g	4.80	<b>Bajo</b> (<5), adecuado (5–10), alto (>10)	<b>Bajo</b>
Mg <sup>2+</sup>	me/100g	1.20	Bajo (<1), <b>medio</b> (1–3), alto (>3)	<b>Medio</b>
Aluminio Cambiable	Al <sup>3+</sup>	0.00	<b>Nulo</b> o bajo deseado (0–0.5)	<b>Nulo</b>
Nitrógeno total	%	0.27	Bajo (<0.15), medio (0.15–0.25), <b>alto</b> (>0.25)	<b>Alto</b>
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	me/100g	7.50	<b>Baja</b> (<10), media (10–20), alta (>20)	<b>Baja</b>
Saturación de base	%	85.00	Baja (<50), media (50–80), <b>alta</b> (>80)	<b>Alta</b>
Materia orgánica	%	5.40	Bajo (<2), medio (2–4), <b>alto</b> (>4)	<b>Alto</b>

De acuerdo a los resultados de la tabla 05, El análisis comparativo de los resultados del suelo cultivado con los rangos de referencia de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM muestra que el pH del suelo es de 6,10, clasificándose dentro del rango óptimo para el

desarrollo de cultivos, aunque en la tabla de calificación aparece como “alcalino”, lo cual parece ser una inconsistencia respecto a los rangos definidos. El contenido de fósforo es de 18,50 ppm, ubicándose en el nivel alto, lo que sugiere una buena disponibilidad de este nutriente esencial para el crecimiento vegetal. El potasio alcanza 140,00 ppm, considerado de nivel medio, indicando que, aunque presente en cantidades aceptables, podría requerir suplementación en cultivos con alta demanda. El calcio presenta un valor de 4,80 me/100g, calificado como bajo, lo que podría afectar la estructura del suelo y el balance catiónico. El magnesio, con 1,20 me/100g, se ubica en el nivel medio, suficiente para cubrir los requerimientos básicos de la mayoría de los cultivos. No se detecta aluminio intercambiable, condición favorable que evita problemas de toxicidad y mantiene la disponibilidad de nutrientes. El nitrógeno total es de 0,27 %, clasificado como alto, lo que indica un buen suministro de este elemento clave para el desarrollo vegetativo. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 7,50 me/100g, clasificada como baja, lo que significa que el suelo tiene una capacidad limitada para retener y suministrar cationes a las plantas. La saturación de bases es de 85,00 %, considerada alta, lo que refleja una dominancia de cationes básicos sobre los ácidos y un ambiente químicamente favorable para el cultivo. Finalmente, el contenido de materia orgánica alcanza 5,40 %, valor clasificado como alto, lo que contribuye positivamente a la estructura, retención de humedad y disponibilidad de nutrientes en el suelo.

#### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En primer lugar, el valor de pH (6.10) en nuestro estudio se encuentra en el rango óptimo según la USDA–UNALM, lo que indica un suelo ligeramente ácido pero favorable para la disponibilidad de la mayoría de nutrientes. Esto **contrasta** con lo reportado por Loayza (2020) y Ardiles (2019), quienes hallaron suelos predominantemente ácidos (pH entre 4.19 y 5.57) en sus áreas de estudio, lo que conlleva una menor disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio. Asimismo, se contrapone con Calle et al. (2023), quienes identificaron en la comunidad de San Silvestre una alta saturación de acidez (46.73 %), requiriendo

encalado para mejorar las condiciones del suelo, situación que no es necesaria en el presente estudio debido a la ausencia de aluminio intercambiable (0.00 cmol(+)/kg).

Respecto al contenido de fósforo disponible (18.50 ppm), el valor obtenido en Jalluyo Compuyo se clasifica como alto, indicando una disponibilidad óptima para el desarrollo de cultivos. Este resultado contradice los hallazgos de Ferrua (2023), Ardiles (2019) y Loayza (2020), quienes reportaron niveles bajos de fósforo en sus áreas de estudio, situación asociada a la acidez del suelo y a la falta de prácticas de fertilización adecuadas. Este contraste podría atribuirse a una mayor adición de fuentes fosfatadas o a la menor fijación del fósforo en nuestro suelo debido a su pH óptimo.

En el caso del nitrógeno total (0.27 %), el presente estudio lo clasifica como alto, mientras que Ferrua (2023) y Calle et al. (2023) registraron valores bajos o medianos, requiriendo importantes adiciones de nitrógeno para alcanzar niveles óptimos de producción en cultivos como cacao y café. La elevada concentración de nitrógeno en Jalluyo Compuyo podría estar relacionada con prácticas previas de fertilización orgánica o con la menor lixiviación de este nutriente debido a la textura franco arenosa con un contenido equilibrado de limo y arcilla.

Por otro lado, el potasio (140 ppm) se ubica en el rango medio, lo que difiere de Ardiles (2019) y Ferrua (2023), quienes reportaron valores bajos en la mayoría de las muestras evaluadas. Sin embargo, nuestros valores tampoco alcanzan los niveles altos observados en suelos con un historial de fertilización potásica intensiva o con alta mineralización de micas y feldespatos.

En cuanto al calcio (4.80 cmol(+)/kg), este se clasifica como bajo, contradiciendo los hallazgos de Mora (2020), quien reportó concentraciones elevadas de calcio en suelos evaluados, aunque con riesgo de toxicidad por exceso de ciertos elementos. Este déficit de calcio en Jalluyo Compuyo podría relacionarse con la lixiviación en suelos de textura ligera o con la extracción intensiva por cultivos sin reposición suficiente.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) obtenida (7.50 cmol(+)/kg) se clasifica como baja, en contraposición a estudios como el de Loayza (2020), quien registró valores

promedio de 12.46 meq/100g, o Gomez (2019), cuyos resultados evidenciaron CIC altas asociadas a suelos con alta fracción arcillosa y contenido de materia orgánica. En nuestro caso, la textura franco arenosa limita el número de sitios de intercambio, lo que explica este resultado.

Finalmente, la materia orgánica (5.40 %) en Jalluyo Compuyo se clasifica como alta, lo que difiere de los resultados de Ardiles (2019), donde predominaban suelos pobres en materia orgánica. Esta diferencia puede deberse a un manejo más conservacionista en nuestra zona o a una menor degradación de la materia orgánica por condiciones climáticas más frías y secas, que reducen la tasa de descomposición.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La evaluación de la fertilidad de los suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo - Ilave, 2025, revela limitaciones moderadas para el desarrollo agrícola. En particular, el fósforo disponible y el potasio intercambiable se encuentran por debajo de los estándares establecidos por la USDA y la UNALM. Estos resultados confirman que las condiciones del suelo cumplen con los estándares de fertilidad recomendados para un manejo agrícola sostenible.

**SEGUNDA:** El análisis de los parámetros de fertilidad del suelo cultivado mostró que el pH (6.10) se encuentra en un rango óptimo, con niveles altos de fósforo (18.50 ppm), nitrógeno total (0.27 %) y materia orgánica (5.40 %), así como saturación de bases alta (85 %). Se registraron niveles medios de potasio (140 ppm) y magnesio (1.20 me/100g), mientras que el calcio (4.80 me/100g) presentó un valor bajo y la capacidad de intercambio catiónico fue baja (7.50 me/100g). La ausencia de aluminio intercambiable (0.00) indica condiciones favorables para el desarrollo de cultivos, aunque la baja CIC y el déficit de calcio sugieren la necesidad de prácticas de manejo para mejorar la disponibilidad de estos nutrientes.

**TERCERA:** La comparación de los parámetros fisicoquímicos con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM, evidenciaron que la mayoría de los indicadores se encuentran dentro de los rangos óptimos establecidos por el USDA/UNALM. El pH se ubicó en rango óptimo (5.5 - 7), la materia orgánica y el nitrógeno total alcanzaron niveles medios, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes. El fósforo disponible fue medio a alto, mientras que el potasio, calcio y magnesio se mantuvieron en niveles adecuados, con una relación Ca:Mg:K cercana a la ideal

(65:25:10). Asimismo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la saturación de bases fueron medias a altas, garantizando buena retención y disponibilidad de cationes. Finalmente, el aluminio intercambiable fue nulo, evitando riesgos de toxicidad.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A las autoridades locales y a los agricultores de la comunidad de Jalluyo Compuyo, implementar un programa de monitoreo periódico de la calidad de los suelos, con énfasis en parámetros como fósforo y potasio, para prevenir el deterioro de la fertilidad y asegurar una gestión sostenible del recurso.

**SEGUNDA:** A las organizaciones agrícolas comunales y técnicos agropecuarios promover capacitaciones sobre prácticas de manejo de suelos, como la incorporación de abonos orgánicos y fertilizantes balanceados, con el fin de corregir las deficiencias de fósforo y potasio detectadas, mejorando así el rendimiento de los cultivos.

**TERCERA:** Al Gobierno Regional de Puno y a las instituciones de investigación agraria destinar recursos y asistencia técnica para la implementación de tecnologías de conservación de suelos, como la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura, que favorezcan el mantenimiento y recuperación de la fertilidad en la zona de estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFD. (2024). *Fertilidad de los suelos: El grupo AFD interviene en todo el mundo*.  
<https://www.afd.fr/es/actualites/fertilidad-suelos-grupo-afd>
- 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](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362021000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ardiles, R. C. (2019). *Diagnóstico de la fertilidad de los suelos con fines agrícolas de la comunidad campesina de Pampacancha-Distrito y Provincia de Recuay-Ancash*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- Calle P, J. L., Maldonado F., C., Marza M., R., Calle P, J. L., Maldonado F., C., & Marza M., R. (2023). Diagnóstico de la fertilidad de suelos en dos parcelas para cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) y café (*Coffea arábica*) en el municipio de san buenaventura. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(3), 74-82. <https://doi.org/10.53287/fgqo7657sj41i>
- Cauna Orocollo, R. I. (2019). Efecto de abonos orgánicos en la fertilidad química y biológica del suelo en cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Mañazo—Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*.  
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15797>
- Cerón Rincón, L. E., & Ancízar Aristizábal Gutiérrez, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1),

285-295.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0123-34752012000100026&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-34752012000100026&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

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>

Di Gerónimo, P. F., Videla, C., Fernández, M. E., Zamuner, E. C., & Laclau, P. (2018). Cambios en Propiedades Químicas y Bioquímicas del Suelo Asociados al Reemplazo de Pastizales Naturales por Pinus Radiata D. Don y Rotaciones Agrícolas. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, ahead, 0-0. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000302>

FAO. (2021). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Marco estratégico de la FAO para 2022-2031. <https://www.fao.org/peru/es/>

Ferrua Ruiz, H. (2023). *Evaluación de la fertilidad de suelos con cultivo de cacao en el distrito de Canayre—Huanta—Ayacucho*. 2022 [Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6002>

Gomez Castillo, A. J. (2019). *Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la comunidad campesina tres de octubre – Zanja, distrito de Yungar – Carhuaz – Ancash, 2018* [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM\\_e21170f4e6b0a3161053a8db527fb044](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM_e21170f4e6b0a3161053a8db527fb044)

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>

INTAGRI. (2017). *Fijación de Potasio en el Suelo*. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>

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>
- Loayza Céspedes, J. C. (2020). Degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15922>
- Mayta, J., & Olivera, L. (2020). Restauración de la fertilidad natural de suelos agrícolas, mediante el empleo de vicia (*Vicia Sativa* Linneo) y guano de isla asociados a la cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen). *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279049>
- Ministerio del Ambiente, V. de G. A. (2021). *Informe nacional sobre el estado del ambiente 2014-2019* (Primera). [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiL8ayGy5X6AhUSAtQKHUUwBDQQFnoECDAQAQ&url=https://www.minam.gob.pe/Fineas/wp-content/uploads/2021/07/FINEA-2014-2019\\_red.pdf&usg=AOvVaw1qAv2Mb8dKyjqNXXLSQZQr](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiL8ayGy5X6AhUSAtQKHUUwBDQQFnoECDAQAQ&url=https://www.minam.gob.pe/Fineas/wp-content/uploads/2021/07/FINEA-2014-2019_red.pdf&usg=AOvVaw1qAv2Mb8dKyjqNXXLSQZQr)
- Mora Calero, F. A. (2020). *Evaluación de la fertilidad de Suelos y Calidad de aguas, en el agroecosistema de la Granja San Pablo, Provincia De Los Ríos* [bachelorThesis, Babahoyo: UTB, 2019]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6187>
- Osorio, A., & Céspedes, R. (2000). Efecto de Métodos de Riego Localizado en la Salinidad del Perfil de Suelo en Vid De Mesa.: Conductividad Eléctrica, Sodio, Cloro Y Boro En Distintos Puntos Del Perfil. *Agricultura Técnica*, 60(2). <https://doi.org/10.4067/S0365-28072000000200008>
- Owen, E. (1995). Características físico-químicas del suelo y su incidencia en la absorción de nutrientes, con énfasis en el cultivo de la palma de aceite. *Palmas*, 16(1), Article 1. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/461>
- Pérez González, O. S., Reynoso Santos, R., Gayosso Barragán, O., & Chávez Aguilar, G. (2022). Fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola en La Frailesca,

- Chiapas, México. *Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente*, 9(1), 1-12.  
<https://doi.org/10.37533/cunsurori.v9i1.71>
- Pintado, M. (2024, febrero 19). *Degradación de las tierras agrícolas y el rol del Estado*. CENTRO PERUANO DE ESTUDIOS SOCIALES.  
<https://cepes.org.pe/2024/02/19/degradacion-de-las-tierras-agricolas-y-el-rol-del-estado/>
- Reyes-Palomino, S. E., Cano Ccoa, D. M., Reyes-Palomino, S. E., & Cano Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64.  
<https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>
- Rodríguez, A. C., Espinosa, R. R., Jiménez, A. H., & Fundora, A. B. (2024). Fertilidad del suelo: Definición y algunas propiedades. *Cultivos Tropicales*, 45(2), Article 2.  
<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1774>
- Rodríguez Ledesma, N. D., Torres Sevillano, C. N., Chaman Medina, M. E., & Hidalgo Rodríguez, J. E. M. (2019). Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* «arroz» (Poaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 931-942. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>
- Rojas-Rodríguez, I. S., Coronado-García, M. A., Rossetti-López, S. R., & Beltrán-Morales, F. A. (2020). Contaminación por nitratos y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en la cuenca baja del río Mayo en el estado de Sonora, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(2), 247-256. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.642>
- Santoyo De La Cruz, M. F., Flores Magdaleno, H., Khalil-Gardezi, A., Mancilla-Villa, Ó. R., & Rubiños-Panta, J. E. (2021). Composición iónica y comparación de índices de salinidad de suelo agrícola de Texcoco, México. *Nova Scientia*, 13(27).  
<https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2789>
- Torres, A., & Acevedo, E. (2008). El Problema de Salinidad en los Recursos Suelo y Agua que afectan el Riego y Cultivos en Los Valles de Lluta y Azapa en el Norte de Chile. *Idesia (Arica)*, 26(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-34292008000300004>

- 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>
- Velasquez Barbachan, J. P. (2022). Influencia de la fertilidad del suelo en el análisis de 3 variedades y 23 accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18924>
- Velazquez, R. V., Del Valle Holguín, W., Pallarozo Loor, R. I., & Duma Muñoz, K. I. (2022). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. *Revista Científica Sinapsis*, 2(21). <https://doi.org/10.37117/s.v2i21.534>
- 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>
- Yong, L. L., Namal Jayasanka Perera, S. V. A. D., Syamsir, A., Emmanuel, E., Paul, S. C., & Anggraini, V. (2019). Stabilization of a Residual Soil Using Calcium and Magnesium Hydroxide Nanoparticles: A Quick Precipitation Method. *Applied Sciences*, 9(20), 4325. <https://doi.org/10.3390/app9204325>
- UIFAU (2023). Compendio de Investigación Facultad de Agronomía. Unidad de Investigación de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/agronomia/Compendio\\_Agronomia\\_2022.pdf&ved=2ahUKEwiJrpWTrLyNAXUMJLkGHYDwBAGQFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw3AMwjUZQnExSS7eKXFG584](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/agronomia/Compendio_Agronomia_2022.pdf&ved=2ahUKEwiJrpWTrLyNAXUMJLkGHYDwBAGQFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw3AMwjUZQnExSS7eKXFG584)

## ANEXOS

**Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.  
EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD JALLUYO COMPUYO DEL DISTRITO DE PILCUYO -  
ILAVE, 2025.**


PROBLEMA	OBJETIVOS		HIPÓTESIS		VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿Cómo es la fertilidad de suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - llave, 2025?	Evaluar la fertilidad de suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - llave, 2025.	La fertilidad de suelos agrícolas en la comunidad de Jalluyo Compuyo del distrito de Pilcuyo - llave, 2025, no es óptima para el cultivo.	VARIABLE INDEPENDIENTE. Suelos cultivados.		- Nitrógeno (mg/dl) - Fósforo (mg/dl) - Potasio (mg/dl) - Textura (Arena, limo y arcilla) - Densidad (Porosidad) - Humedad (Contenido de H <sub>2</sub> O) - Conductividad eléctrica (CE Salinidad) - Potencial de hidrógeno (pH) - Materia orgánica (M.O.)	Herramientas de excavación. Instrumentos de laboratorio contratado para análisis de fertilidad.	Estadística Descriptiva.	
<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICAS</b>	<b>ESPECÍFICAS</b>		VARIABLE DEPENDIENTE. Fertilidad	Parámetros de fertilidad USDA - UNALM		
¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas de la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo – 2025?	Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas de la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo – 2025.	La concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas de la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo, muestran un rango inaceptable.	La concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas de la comunidad de Jalluyo Compuyo, distrito de Pilcuyo, muestran un rango inaceptable.					
¿Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en los suelos agrícolas cumplirán con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM?	Comparar la concentración de los parámetros fisicoquímicos con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM.	La concentración de los parámetros fisicoquímicos no cumplen con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM.	La concentración de los parámetros fisicoquímicos no cumplen con los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM.					

**Anexo 02:** Parámetros comunes que se evalúan (según USDA - UNALM).

Parámetro	Unidad	Interpretación (general)
pH del suelo	-	Ácido (<5.5), óptimo (5.5–7), alcalino (>7.5)
Materia orgánica (MO)	%	Bajo (<2), medio (2–4), alto (>4)
Nitrógeno total (N)	%	Bajo (<0.15), medio (0.15–0.25), alto (>0.25)
Fósforo (P) disponible	ppm (Bray I u Olsen)	Bajo (<5), medio (5–15), alto (>15)
Potasio (K) intercambiable	ppm	Bajo (<100), medio (100–200), alto (>200)
Calcio (Ca)	cmol(+)/kg	Bajo (<5), adecuado (5–10), alto (>10)
Magnesio (Mg)	cmol(+)/kg	Bajo (<1), medio (1–3), alto (>3)
Relación Ca:Mg:K	proporción	Ideal ≈ 65:25:10
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol(+)/kg	Baja (<10), media (10–20), alta (>20)
Saturación de bases (%)	%	Baja (<50), media (50–80), alta (>80)
Aluminio intercambiable (Al)	cmol(+)/kg	Nulo o bajo deseado (0–0.5)

**Fuente:** (UIFAU, 2022).

**Anexo 03: Análisis del laboratorio.**



**MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C**

**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 0118/MQA**  
**ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS**

**PROCEDENCIA** : COMUNIDAD JALLUYO COMPUYO, PILCUYO, ILAVE.  
**SOLICITANTE** : ISAAC GILBER CCAMA ARPA.  
**MOTIVO** : Análisis Físico – Químico.  
**MUESTREO** : 18/06/2025 (Por el interesado)  
**ANÁLISIS** : 20/06/2025.

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	M - 01	68	16	16	Franco Arenoso	0.00	5.40	0.27

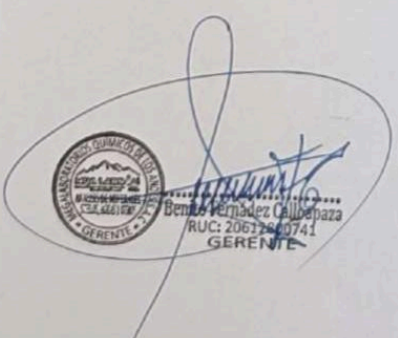
  

# ORD	pH	C.E. mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
			P ppm	K ppm	me/100 g suelo						
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
01	6.10	0.25	18.5	140	4.8	1.2	0.3	0.2	0.0	7.5	85.00

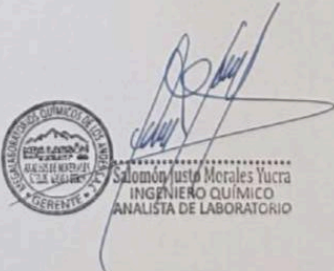
  

**FArA** = Franco arcillo arenoso  
**Ar** = Arcilloso  
**FA** = Franco arenoso  
**CIC**= Capacidad Intercambio Cationico  
**N** = Nitrógeno total  
**K<sup>+</sup>** = Potasio cambiabile  
**A**= Arena  
**Ca<sup>2+</sup>**= Calcio cambiabile  
**Na<sup>+</sup>**= Sodio cambiabile  
**CO<sub>3</sub><sup>=</sup>** = Carbonatos  
**me** = miliequivalente.

**FAr** = Franco arcilloso  
**M.O.**=Materia orgánica  
**P** = Fósforo disponible  
**K** = Potasio disponible  
**C.E.** = Conductividad eléctrica  
**SB** = Saturación de bases  
**Mg<sup>2+</sup>** = Magnesio cambiabile  
**mS/cm** = milisiemens por centímetro  
**C.E.(e)** = Conductividad eléctrica del extracto  
**Al<sup>3+</sup>** = Aluminio cambiabile  
**NC**= no corresponde



Benito Hernandez Callozapata  
RUC: 20612800741  
GERENTE



Salomón Justo Morales Yucra  
INGENIERO QUÍMICO  
ANALISTA DE LABORATORIO

---

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

**Anexo 04:** Galería fotográfica.



**Figura 04:** Vista panorámica de la zona de estudio.



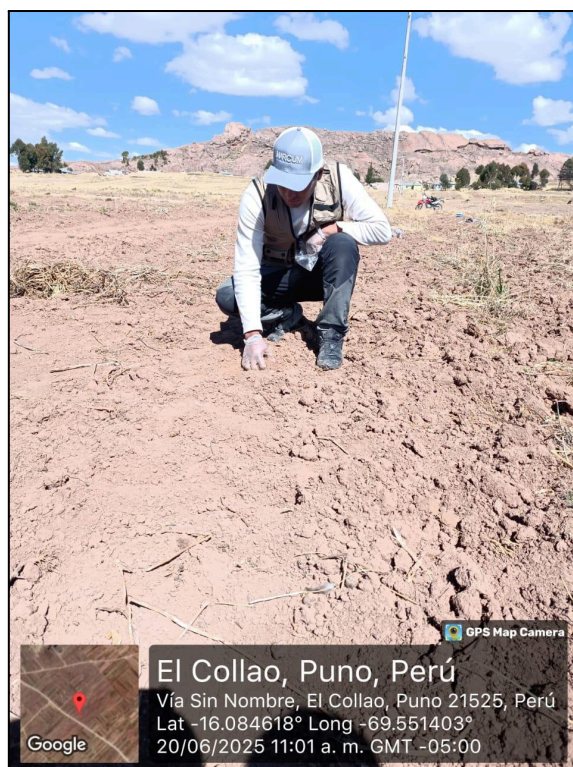
**Figura 05:** Revisión de los contenedores(bolsas ziploc).



**Figura 06:** Realizando la medición del terreno a ser muestreado.



**Figura 07:** Tomando las muestras de terreno en el primer sub-punto.



**Figura 08:** Tomando las muestras de terreno en el segundo sub-punto.



**Figura 09:** Tomando las muestras de terreno en el tercer sub-punto.



**Figura 10:** Tomando las muestras de terreno en el cuarto sub-punto.



**Figura 11:** Tomando las muestras de terreno en el quinto sub-punto.



**Figura 12:** Realizando la mezcla de las muestras para lograr una muestra representativa y homogénea.



**Figura 13:** Embolsando la muestra final.



**Figura 14:** Poniendo la muestra en un cooler para su mejor traslado a laboratorio.