

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**NIVEL DE DEGRADACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS  
DEL CENTRO POBLADO DE ICHU - PUNO, 2024.**

**PRESENTADA POR:**

**DELSY MARINA JINÉZ GARCIA**

**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/)



# 9.18%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 26 DEC 2024, 3:07 PM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
0.61%

● CHANGED TEXT  
8.56%

## Report #24283715

DELSY MARINA JINÉZ GARCIA // NIVEL DE DEGRADACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL CENTRO POBLADO DE ICHU - PUNO, 2024 RESUMEN La presente investigación se desarrolló en el Centro Poblado de Ichu del Distrito de Puno, con el objetivo de evaluar el nivel de degradación físicoquímica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu. La recolección de muestras se realizó siguiendo el procedimiento para la toma de muestras de suelo establecido en el D.S. 002-2013-MINAM. Para la determinación de los sectores de muestreo se consideraron 6 puntos, distribuidos en dos zonas: alta (4 puntos) baja (2 puntos). Para la recolección de muestras se aplicó el método de zigzag, recolectando submuestras con un muestreador de tubo (0-20 cm de profundidad), el total de submuestras se mezclaron homogéneamente obteniendo por cuarteo continuo una muestra representativa de 1 kg por cada punto, haciendo un total de 6 muestras cada una en su bolsa hermética ziploc debidamente rotuladas para su identificación y enviadas al laboratorio del INIA - LABSAF para el análisis de caracterización; obteniendo los siguientes resultados por zona de acuerdo a los parámetros de calificación USDA y UNALM: Zona alta, textura: franco y franco arenoso, materia orgánica pobre, nitrógeno bajo, fósforo medio, potasio medio, pH ligeramente alcalino, conductividad eléctrica normal. En la zona baja, los resultados fueron: textura: franco, materia orgánica media, nitrógeno medio, fósforo pobre, potasio medio, pH ligeramente

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

**NIVEL DE DEGRADACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS  
DEL CENTRO POBLADO DE ICHU - PUNO, 2024**

**PRESENTADA POR:**

**DELSY MARINA JINÉZ GARCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:

  
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOZQUETA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
M.Sc. JOSÉ ELADIO NUÑEZ QUIROGA

ASESOR DE TESIS

:

  
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Líneas de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 07 de enero del 2025

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud y firmeza, así como por guiarme en este nuevo capítulo de mi vida: la investigación académica.

Con profundo amor y afecto a mis padres Julia y Rogelio, a mis hermanas, quienes han sido mi apoyo inquebrantable a lo largo de mi vida, por estar siempre a mi lado en cada fase de mi camino, tanto en los momentos de alegría como en los desafíos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y su plana docente por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente facilitando el desarrollo de capacidades para desempeñarme eficientemente en el campo profesional.

Al MG. Julio Wilfredo Cano Ojeda, mi asesor de tesis, por su valiosa guía, paciencia y dedicación, así como por confiar en mí para realizar esta importante tarea. Su compromiso y su experiencia han sido esenciales para el desarrollo y el éxito de este trabajo.

A mis jurados por sus valiosas recomendaciones y aportes que han sido clave para alcanzar el objetivo de mi investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

### CAPÍTULO I

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

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	17
1.2.3. A NIVEL LOCAL	21
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>22</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22

### CAPÍTULO II

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

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>23</b>
2.1.1. EL SUELO	23

2.1.2. DEGRADACIÓN DE SUELOS	23
2.1.3. DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO	24
2.1.4 DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL SUELO	24
2.1.5. FERTILIDAD DEL SUELO	24
2.1.6. DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	24
2.1.7. SALINIDAD	25
2.1.8. PH DEL SUELO	25
2.1.9 ALCALINIZACIÓN DEL SUELO	26
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>26</b>
2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	26
2.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	28
2.2.3. ELEMENTOS ESENCIALES EN EL SUELO	32
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>35</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>36</b>
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	36
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	36
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>37</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>39</b>
3.2.1 POBLACIÓN	39
3.2.2. MUESTRA	39
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>40</b>
3.3.1. MÉTODO	40
3.3.2. TÉCNICAS	40
3.3.3 LOS INSTRUMENTOS	40
3.3.3 MATERIALES	41
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>42</b>

<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>43</b>
3.5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.5.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	43
3.5.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS</b>	
<b>    AGRÍCOLAS DEL CENTRO POBLADO DE ICHU.</b>	<b>45</b>
4.1.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	45
4.1.2. RESULTADO PARÁMETROS QUÍMICOS	47
<b>4.2. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE ACIDEZ O SALINIDAD DE LOS</b>	
<b>    SUELOS AGRÍCOLAS DEL CENTRO POBLADO DE ICHU.</b>	<b>56</b>
4.2.1. PH	56
4.2.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	58
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>67</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Parámetro para medir la Materia Orgánica.	29
<b>Tabla 02:</b> Parámetro para medir el pH en el suelo	30
<b>Tabla 03:</b> Parámetro para medir la Conductividad Eléctrica.	31
<b>Tabla 04:</b> Parámetro para medir la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	32
<b>Tabla 05:</b> Clasificación del suelo de acuerdo al Nitrógeno total.	33
<b>Tabla 06:</b> Parámetro de fertilidad del fósforo	33
<b>Tabla 07:</b> Parámetro para medir el potasio.	34
<b>Tabla 08:</b> Número de muestras de suelo agrícola por zona centro poblado Ichu	40
<b>Tabla 09:</b> Materiales utilizados durante la etapa de la investigación	41
<b>Tabla 10:</b> Equipos	41
<b>Tabla 11:</b> Operacionalización de Variables	42
<b>Tabla 12:</b> Resultado del análisis de textura en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.	45
<b>Tabla 13:</b> Resultado del análisis de estructura en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.	46
<b>Tabla 14:</b> Resultado de análisis de color en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.	47
<b>Tabla 15:</b> Resultados del contenido de MO en los suelos de la localidad de Ichu.	48
<b>Tabla 16:</b> Resultados del CIC de los suelos de la localidad de Ichu.	49
<b>Tabla 17:</b> Resultados del análisis del nitrógeno total en los suelos de la localidad de Ichu.	51
<b>Tabla 18:</b> Resultados del análisis de fósforo de los suelos agrícolas de la localidad de Ichu.	52
<b>Tabla 19:</b> Resultados del análisis de potasio en los suelos agrícolas de la localidad de Ichu.	54
<b>Tabla 20:</b> Resultados del análisis de cationes en los suelos de la localidad de Ichu.	55
<b>Tabla 21:</b> Resultados nivel de fertilidad zona alta de los suelos del C.P de Ichu.	56
	6

<b>Tabla 22:</b> Resultados nivel de fertilidad zona baja de los suelos del C.P de Ichu.	56
<b>Tabla 23:</b> Resultado de análisis de pH en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.	56
<b>Tabla 24:</b> Resultados de conductividad eléctrica en los suelos de la localidad de Ichu.	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Triángulo textural	27
<b>Figura 02:</b> Mapa de ubicación y accesibilidad	38
<b>Figura 03:</b> Mapa de ubicación del área de investigación con los puntos de muestreo.	39
<b>Figura 04:</b> Contenido de la materia orgánica en los suelos en la zona alta y baja del C.P. de Ichu.	48
<b>Figura 05:</b> Distribución de capacidad de intercambio catiónico en los suelos de la zona alta y baja del CP de Ichu.	50
<b>Figura 06:</b> Distribución de nitrógeno total en la zona alta y baja de los suelos del C.P. de Ichu.	51
<b>Figura 07:</b> Distribución de fósforo de los suelos en zona alta y baja del C.P. de Ichu.	53
<b>Figura 08:</b> Distribución del potasio de los suelos en zona alta y baja del C.P. de Ichu.	54
<b>Figura 09:</b> Distribución del contenido de pH en los suelos de la zona alta y baja del C.P. de Ichu.	57
<b>Figura 10:</b> Reconocimiento del área de estudio.	74
<b>Figura 11:</b> Delimitación del área de estudio.	74
<b>Figura 12:</b> Extracción de submuestra con un muestreador de tubo.	75
<b>Figura 13:</b> Homogeneización y obtención de la muestra representativa por cuarteo.	75
<b>Figura 14:</b> Pesado de la muestra.	76
<b>Figura 15:</b> Muestra representativa en bolsa hermética ziploc.	76
<b>Figura 16:</b> Rotulado de muestra representativa.	77
<b>Figura 17:</b> Georeferenciado con gps.	77
<b>Figura 18:</b> Traslado de las muestras hacia INIA - LABSAF.	78

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia: nivel de degradación de los suelos de acuerdo a su fertilidad y salinidad en el centro poblado de Ichu - Puno, 2024	68
<b>Anexo 02:</b> Parámetros que definen la fertilidad de los suelos	69
<b>Anexo 03:</b> Parámetros que definen la salinidad de los suelos	70
<b>Anexo 04:</b> Valores para medir la Acidez	71
<b>Anexo 05:</b> Valores para medir los cationes de los suelos	72
<b>Anexo 06:</b> Informe análisis de suelos del laboratorio	73
<b>Anexo 07:</b> Panel fotográfico	74

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Centro Poblado de Ichu del Distrito de Puno, con el objetivo de evaluar el nivel de degradación fisicoquímica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu. La recolección de muestras se realizó siguiendo el procedimiento para la toma de muestras de suelo establecido en el D.S. 002-2013-MINAM. Para la determinación de los sectores de muestreo se consideraron 6 puntos, distribuidos en dos zonas: alta (4 puntos) baja (2 puntos). Para la recolección de muestras se aplicó el método de zigzag, recolectando submuestras con un muestreador de tubo (0-20 cm de profundidad), el total de submuestras se mezclaron homogéneamente obteniendo por cuarteo continuo una muestra representativa de 1 kg por cada punto, haciendo un total de 6 muestras cada una en su bolsa hermética ziploc debidamente rotuladas para su identificación y enviadas al laboratorio del INIA - LABSAF para el análisis de caracterización; obteniendo los siguientes resultados por zona de acuerdo a los parámetros de calificación USDA y UNALM: Zona alta, textura: franco y franco arenoso, materia orgánica pobre, nitrógeno bajo, fósforo medio, potasio medio, pH ligeramente alcalino, conductividad eléctrica normal. En la zona baja, los resultados fueron: textura: franco, materia orgánica media, nitrógeno medio, fósforo pobre, potasio medio, pH ligeramente alcalino, CE normal. Se concluye que los suelos del centro poblado de Ichu presentan una fertilidad de media a baja, con indicios de degradación, y un suelo ligeramente alcalino, no existiendo características salinas significativas de acuerdo a los parámetros UNALM -USDA.

**Palabras clave:** Degradación, Fertilidad, Parámetros fisicoquímicos, Salinidad, Suelo agrícola

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Ichu Town Center of the District of Puno, with the objective of evaluating the level of physicochemical degradation of the agricultural soils of the Ichu town center. The sample collection was carried out following the procedure for soil sampling established in the D.S. 002-2013-MINAM. For the determination of the sampling sectors, 6 points were considered, distributed in two zones: high (4 points) and low (2 points). For sample collection, the zigzag method was applied, collecting subsamples with a tube sampler (0-20 cm depth), the total of subsamples were homogeneously mixed obtaining by continuous quartering a representative sample of 1 kg for each point, making a total of 6 samples each one in its hermetic zip lock bag properly labeled for identification and sent to the laboratory of INIA - LABSAF for characterization analysis; The following results were obtained by zone according to USDA and UNALM qualification parameters: High zone, texture: loam and sandy loam, poor organic matter, low nitrogen, medium phosphorus, medium potassium, slightly alkaline pH, normal electrical conductivity. In the lower zone, the results were: texture: loam, medium organic matter, medium nitrogen, poor phosphorus, medium potassium, slightly alkaline pH, normal EC. It is concluded that the soils of the Ichu population center have a medium to low fertility, with signs of degradation, and a slightly alkaline soil, with no significant saline characteristics according to UNALM-USDA parameters.

**Keywords:** Degradation, Fertility, Physicochemical parameters, Salinity, Sgricultural soil.

## INTRODUCCIÓN

El suelo representa un recurso esencial para la producción de alimentos, y es vital para la seguridad alimentaria de la humanidad. Su preservación y manejo adecuado son cruciales para asegurar su disponibilidad a largo plazo.

El Perú es un país reconocido por su diversidad y alto rendimiento agrícola, sin embargo, en las últimas décadas, a causa de malas prácticas de manejo de suelos, se viene presentando una degradación progresiva de los suelos agrícolas. En el centro poblado de Ichu, la agricultura es una actividad esencial constituyendo un medio de vida para el sustento económico de las familias. Sin embargo, las inadecuadas prácticas de manejo de suelos como el uso excesivo de agroquímicos, el monocultivo y la labranza intensiva están conduciendo al agotamiento de recurso suelo, afectando negativamente su fertilidad, afectando su productividad y obteniendo cada vez rendimientos más bajos.

En este contexto, es fundamental realizar un análisis del suelo para identificar el estado de degradación de los suelos agrícolas de la localidad. El diagnóstico fisicoquímico adquiere una importancia fundamental en este proceso, dado que proporciona una evaluación precisa del estado de los suelos, además nos permite conocer a fondo las características actuales del suelo.

En tal sentido, la finalidad del presente trabajo es realizar una evaluación integral de las condiciones fisicoquímicas de los suelos agrícolas para determinar su fertilidad, salinidad o acidez, buscando mitigar el impacto. Además, de manera indirecta contribuir a mejorar el rendimiento de sus cultivos, lo que a su vez podría aumentar los ingresos económicos de los agricultores y en cierto grado mejorar su calidad de vida.

En la presente investigación se consideran los siguientes contenidos:

- En el capítulo I: Se presenta el planteamiento del problema, los antecedentes y los objetivos del estudio.
- En el capítulo II: Se abordan el marco teórico y el marco conceptual, así como las variables de la investigación.
- En el capítulo III: Se describe la metodología utilizada en el estudio.

- En el capítulo IV: Se presenta el análisis de los resultados, seguido de las conclusiones y recomendaciones.



## CAPÍTULO I

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

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación de suelos es un problema de alcance global que pone en riesgo la seguridad alimentaria, la biodiversidad y contribuye al cambio climático. El crecimiento demográfico, la intensificación de la agricultura, el uso excesivo de fertilizantes, pesticidas y la deforestación son los principales factores que contribuyen a la degradación del suelo en muchas regiones del mundo (Mita & Hervé, 2021). Esta degradación no solo reduce la productividad de los cultivos; también provoca la pérdida de biodiversidad, contaminación del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero (Montatixe & Eche, 2021).

En el Perú, la sierra cuenta con la mayor superficie agrícola con un (44%). Esto requiere un manejo intensivo con riego, fertilización y labranza permanente. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), alrededor del 60% de los suelos agrícolas en el Perú presentan algún grado de degradación y aproximadamente el 40% de los suelos agrícolas tienen deficiencias de nutrientes importantes como materia orgánica, fósforo y potasio. Esta situación representa un desafío significativo para la agricultura peruana, que es crucial para la economía y la seguridad alimentaria del país.

En el contexto local, Puno se destaca por ser una región con un gran potencial pecuario y agrícola en el anillo circunlacustre; sin embargo, las malas prácticas vienen provocando la degradación de los suelos constituyendo un tema preocupante y crucial para los agricultores, ya que gran cantidad de suelos agrícolas están presentando pérdida de su

fertilidad, se salinizan y solidifican por el riego con aguas contaminadas con exceso de sales, lo que se traduce en una disminución de la productividad.

El centro poblado de Ichu no es ajeno a esta realidad problemática, enfrentando desafíos importantes con relación a la degradación progresiva, inicialmente imperceptible, de sus suelos en cuanto a pérdida de su fertilidad, acidificación o salinización de sus tierras. Siendo una zona rural, la agricultura es la actividad principal constituyendo el medio de vida para el sustento de sus familias, que en su mayoría se dedica a la producción de hortalizas, las cuales requiere una explotación intensiva de los suelos, incluyendo prácticas como la fertilización, el riego, control de plagas y enfermedades y preparación continua de los suelos con un periodo mínimo a nulo de descanso de los suelos, provocando el deterioro gradual muchas veces difíciles de revertir (Andreau et al., 2024). Por tal motivo, para abordar esta problemática, se requiere mejorar las prácticas de conservación del suelo, promoción de técnicas agrícolas sostenibles como el uso de abonos orgánicos y educación para los agricultores y pobladores de la zona sobre el manejo adecuado de los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad y productividad de los suelos (Andrade et al., 2020).

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el estado de degradación fisicoquímica de los suelos agrícolas del Centro Poblado de Ichu - Puno, 2024?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cómo es el estado de fertilidad de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu - Puno, 2024?
- ¿Cómo es el estado de salinidad o acidez de los suelos agrícolas del centro Poblado de Ichu - Puno, 2024?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Contreras et al. (2020), en su investigación tienen como objetivo evaluar las propiedades fisicoquímicas de los suelos en los sistemas productivos de maíz, algodón y arroz, así

como identificar las principales limitaciones del suelo que afectan el crecimiento y la productividad de los cultivos en la subregión Valle del Sinú. Se tomaron muestras de suelo en 64 sitios de cinco municipios del Valle del Sinú para evaluar sus características físicas y químicas. Los resultados mostraron un pH (5,82 a 6,78), con un contenido medio de MO, el promedio de CIC fue de 18,45 a 22,85  $\text{cmol kg}^{-1}$ , y la conductividad eléctrica (CE) fue no salina, oscilando entre 0,29 a 0,91  $\text{dS cm}^{-1}$ , los niveles de S, P, Ca, Mg y K fueron elevados. En cuatro de los cinco municipios, la densidad aparente mostró valores promedio que representan restricciones para el desarrollo de las raíces, variando entre 1,42 y 1,49  $\text{g cm}^{-3}$  a excepción de San Carlos, que fue de 1,33  $\text{g cm}^{-3}$ . En conclusión, se observan signos de degradación del suelo, relacionados con su manejo.

Rathore et al. (2023), en su investigación con el objetivo de evaluar las cualidades fisicoquímicas del suelo de las tierras de pastoreo en el bloque Kartala, Chhattisgarh, India, la metodología que utilizó fue la toma de muestra de 10 áreas donde se analizaron los parámetros fisicoquímicos. En el resultado se identificaron deficiencias significativas en nutrientes clave. El pH del suelo del bloque de Kartala oscila entre 5,4 y 6,4, con una media de 6,01. La conductividad (CE) de las muestras tomadas de las tierras de pastoreo elegidas oscila entre 0,14 y 0,4  $\text{dS/m}$ , el potasio oscila entre 280 y 571  $\text{kg/ha}$ . Los promedios de nitrógeno fueron de 141,4, fósforo 1,626  $\text{kg/ha}$  y azufre 10,903  $\text{kg/ha}$ , respectivamente. En términos de micronutrientes, las concentraciones de boro y zinc se encontraron en niveles críticos, con promedios de 0,146 ppm y 0,275 ppm, respectivamente. Adicionalmente, el pH del suelo se clasificó como ligeramente ácido, y se observó una deficiencia en el contenido de carbono orgánico.

Wagh et al. (2023), con el objetivo de analizar los parámetros fisicoquímicos de los suelos de la parte oriental de la ciudad de Pune, utilizando la metodología de recojo de muestras de 12 lugares representativos de suelo, que se ve afectada por la eliminación de residuos sólidos y efluentes industriales. Los resultados mostraron que los valores de pH varían entre 7,32 y 8,52, la conductividad eléctrica fluctúa entre 0,20  $\text{mS/cm}$  y 3,02  $\text{mS/cm}$ , el carbono orgánico (%) oscila entre el 0,38 y el 1,5%, el fósforo en los suelos presentes

varía de 10 Kg/ha a 172,9 Kg/ha, el potasio oscila entre 112 Kg/ha y 840 Kg/ha, el manganeso varía entre 12,36 ppm a 23,28 ppm, las concentraciones de zinc oscilan entre 0.32 ppm y 5.62 ppm y las concentraciones de boro en los suelos varían entre 0.08 ppm y 0.54 ppm. Concluye que el uso excesivo de fertilizantes químicos por parte de la mayoría de los agricultores, ha causado una acumulación excesiva de potasio y fósforo. Además, debido a las deficientes condiciones de drenaje en esta región, los niveles de concentración de Cu, Fe, Mn y Zn son más altos que las normales. Esto provoca que el suelo sea alcalino. Por lo tanto, llegó a la conclusión de que los fertilizantes agregados durante la formación de los cultivos pueden ser la causa de las concentraciones variables de diversos parámetros y las distribuciones irregulares de micronutrientes.

Panchi (2024), con el objetivo de evaluar la calidad del suelo, mediante el análisis físico-químico, para establecer la influencia de las actividades antrópicas en la microcuenca del Río Cinto, la metodología que utilizó fue la recolección de muestras de 6 puntos, Los resultados de los análisis físico-químicos muestran los valores de pH del suelo oscilaron entre 5.86 y 6.61. El contenido de bario varió entre 32.9 a 160.4 mg/kg y la conductividad eléctrica fue de 119.4 a 348.6  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Los niveles de zinc fluctuaron entre 33.6 y 60.3 mg/kg. Se identificaron tres variedades de suelos en la microcuenca: Arenoso-Franco, Arenoso-Arcilloso-Franco y Arenoso-Franco. Concluye que diversas actividades humanas cercanas tienen un impacto significativo en el suelo del área estudiada, los estudios estadísticos también muestran que el suelo en la microcuenca del Río Cinto en Lloa no cumple con los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 097A para ser clasificado como un suelo saludable y adecuado para cultivos.

### **1.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Sifuentes (2020), realizó una investigación con el objetivo de diagnosticar la fertilidad de los suelos agrícolas, a través de un análisis que describió las características físicas y químicas del suelo. Los resultados indicaron que en el sector bajo los suelos son de textura franco arcilloso, pH ligeramente alcalino (4.18 a 7.749), MO en un nivel medio (de 2 a 4 %), fósforo en un nivel alto (> a 14 ppm) y el CIC también alto (12 a 20 meq/100 g).

En el sector medio, los suelos tienen texturas francos, pH moderadamente ácidos (5.58 a 6.28), MO de nivel bajo (< a 2 %), fósforo en un nivel alto y CIC en un nivel medio (8 a 12 meq/100 g). Por otro lado, el sector alto presenta suelos de textura franco arenosa arcillosa, con pH moderadamente ácido, MO en un nivel bajo, fósforo en un nivel medio (de 7 a 14 ppm) y CIC en nivel medio. En todos los sectores el potasio, (K) se encuentra en niveles bajos (< a 100 ppm), el nitrógeno total (Nt.) es medio (0.096 a 0.126 %), la porosidad es baja (< a 2.4 g/cm<sup>3</sup>), la conductividad eléctrica (CE) es también baja (< a 0.2ds/m) lo que indica que no hay presencia de salinidad. Asimismo, el diagnóstico de fertilidad natural clasificó los suelos en dos grupos: el de nivel medio, que abarca 271.87 ha, 5.8 % del total, siendo la de menor área, y el nivel bajo representa, 4376.85 ha, lo que equivale al 94.2% del área total.

Pinedo (2020), en su investigación, determinó la fertilidad de los suelos agrícolas en los centros poblados de Nuevo Celendín y Tarapotillo, mediante la metodología de recolección de datos. En Tarapotillo, los resultados fueron pH moderadamente ácido (5.5), Conductividad eléctrica sin problemas de salinidad (53.5  $\mu$ S/cm), M.O. en un nivel medio (3,16 %), N en un nivel normal (0.1%), fósforo bajo (6.32 ppm), K medio (123.23 ppm) y CIC (6.6); y en cuanto a la localidad de Celendín fueron pH moderadamente ácido (6.5), CE sin problemas de salinidad (80.2  $\mu$ S/cm), materia orgánica en un nivel medio (3.36%), Nitrógeno en un nivel normal (0.1512%), P en un nivel medio (9.85 ppm), K en un nivel medio (213.25 ppm) y CIC (14). Lo que indica que ambas localidades presentan suelos moderadamente ácidos y no existe problemas de sales, en cuanto a los parámetros físicos, determinó que ambas localidades presentan clase textural arcillosa. Concluye que tanto el suelo agrícola de Tarapotillo como el de Nuevo Celendín poseen una notable capacidad para retener nutrientes, lo que resulta en una fertilidad sobresaliente y favorece el desarrollo óptimo de los cultivos.

Ardiles (2019), realizó un estudio con el objetivo de evaluar la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha de la Provincia de Recuay-Ancash. Para ello, se recolectaron 13 muestras en 3 sectores, considerando la altitud, con la finalidad de

realizar los análisis físicos y químicos. Los resultados revelaron cinco clases texturales, siendo las más comunes: franco arcillo arenoso (46%) y franco arenoso (31%), seguidas por las clases texturales: franco (8%), franco arcilloso (8%) y arcillo arenoso (7%). La mayoría de los suelos presentaron un pH ácido (entre 4.19 y 5.57). En cuanto al contenido de materia orgánica, se encontró que un (69%) de los suelos son pobres, mientras que el (31%) son moderadamente ricos. En la altitud baja y media los suelos son pobres en materia orgánica, mientras que en la zona alta suelos moderadamente ricos, además se encontró que todos los suelos son en promedio pobres en fósforo y potasio, con porcentajes de saturación de bases entre 85.32% a 94.24%, no presentan problemas de salinidad, ya que los valores de CE son muy bajos.

Quispe (2016), investigó sobre la “Caracterización física, química y biológica de suelos del distrito de Callanmarca, Angaraes - Huancavelica”. Con el objetivo de evaluar las características fisicoquímicas y biológicas del suelo en una zona donde la principal actividad es la agricultura. En lo que respecta a las propiedades físicas del suelo, se analizó su textura, la cual varió de franco a franco arcilloso en condiciones de seco, mientras que bajo riego predominó una textura franca. Los resultados indicaron estructura granular fino en suelos de seco y mediano en los de riego, con diferencias en coloración entre marrón amarillento para seco y marrón rojizo para riego. La porosidad fue del 45% en suelos bajo riego y 47,7% en seco, mientras que la permeabilidad varió de 0,96 cm/h a 1,3 cm/h según las condiciones de riego. En lo referente a las propiedades químicas, se evaluaron el pH del suelo, que fluctuó entre moderadamente ácido y ligeramente alcalino. La capacidad de intercambio catiónico fue de 19,89 meq/100 g de suelo en condiciones de seco y 18,30 meq/100 g en suelos bajo riego. Se identificó la presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en un 5,67% en suelos bajo riego, mientras que estuvo ausente en suelo seco. En cuanto a la salinidad (CE), fue de 0,16 dS/m en seco y 0,59 dS/m en suelos bajo riego, clasificando este último como muy ligeramente salino. Respecto a los nutrientes, se encontraron niveles variados de fósforo y potasio,

con concentraciones de 16,5 ppm y 108 ppm, respectivamente, en suelos cercanos, y de 7,87 ppm y 299 ppm en suelos bajo riego.

Oré et al. (2022), con el objetivo de evaluar los indicadores físicos y químicos del suelo, así como la densidad, la biomasa y el nivel de fertilidad de la macrofauna. También investigó la relación entre las características físicas del suelo, la densidad y la biomasa de la macrofauna en tres sistemas de uso específicos (arveja remate, papa canchan y avena como pasto para animales) en el centro poblado de Huarisca Grande, distrito de Ahuac, provincia de Chupaca, Junín. Los resultados indicaron que el suelo del sistema de arveja remate presentó una textura franco-arcillosa, junto con una densidad aparente típica y resistencia a la penetración adecuada. En contraste, los sistemas de avena y papa canchan mostraron texturas francas, densidad aparente típica y una adecuada resistencia a la penetración. En términos químicos, el pH del sistema con arveja remate fue (7.74) moderadamente alcalino, mientras que los sistemas con papa canchan (4.72) y avena mostraron (4.79) un pH ácido. Los niveles de materia orgánica y fósforo variaron desde bajo hasta alto, mientras que el nitrógeno fue bajo a medio y el potasio bajo en todos los sistemas.

Loyza (2020), en su investigación con el objetivo de conocer las causas de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac. El método utilizado consistió en evaluar la intensidad de siembra de papa, el impacto del monocultivo y proponer alternativas para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa. El análisis físicoquímico hidrodinámico de 12 puntos de referencia indica que los suelos experimentan una degradación de su fertilidad química y biológica a causa del monocultivo intensivo. En cada muestra se registraron valores que varían, como el pH con promedio de 5,44, lo que indica que es un terreno ácido. Una CE de 0,093 mm/cm a 25 °C; un CIC promedio de 12,46 meq/100; un contenido de carbono con promedio de 23,26 %, 23,33 %.

### 1.2.3. A NIVEL LOCAL

Chambi (2024), en su investigación, tuvo como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino durante los meses de julio y agosto del 2023. Para ello empleó la metodología de toma de muestras de acuerdo con el protocolo de muestreo para suelo. Los resultados que obtuvo fueron los siguientes: Color, marrón oscuro, textura; franco arcillosa; pH: 8,38; humedad: 75,41%; CIC: 16,92 meq/100; nitrógeno: 3.64%, fósforo: 32.13 ppm, potasio: 51.75 ppm, materia orgánica: 3.16 %, arsénico: 32.98 %, cadmio: 0.28 mg/kg y plomo: 21.14 mg/kg, respectivamente. Con excepción de la humedad, se concluye que el suelo de la Isla Titino presenta una fertilidad moderada y cumple con las normas para suelos agrícolas. De acuerdo con el D.S. 011-2017-MINAM, la concentración de metales pesados se encuentra dentro de los límites establecidos en los ECA para suelos.

Cano (2021), en su investigación tuvo como objetivo determinar la existencia de metales pesados en suelos irrigados y no irrigados, la caracterización y fertilidad de los suelos irrigados y no irrigados y, obtener la percepción de los productores de la irrigación Canal N - Cupi, sobre la contaminación de los recursos naturales en el ámbito de la irrigación Canal N, ubicada en la cuenca Llallimayo, para ello recolectó muestras de ambas áreas para su correspondiente análisis. Los resultados arrojaron una textura franca y franco limoso, con bajos niveles de materia orgánica, nitrógeno total y carbonatos. El pH fue moderadamente alcalino en suelos irrigados y pastos naturales, mientras que en suelos de avena bajo secano fue ligeramente ácido; la conductividad eléctrica no presentó salinidad, fósforo nivel medio, niveles altos de potasio y calcio, magnesio nivel medio, sodio normal, CIC alto en suelos irrigados bajo cultivo perenne y, nivel medio en cultivo irrigado anual y en los no irrigados. Se concluye que el mercurio supera los límites establecidos en los ECA, lo que representa un riesgo para el ambiente y la salud; los suelos tienen una fertilidad media y los productores perciben que las actividades mineras contaminan los recursos hídricos y los suelos.



Andrade et al. (2020), en su estudio, tiene como objetivo evaluar la calidad de los suelos agrícolas en la bahía interior de Puno, abarcando el área desde Chulluni hasta Chimu. Para ello, realizaron muestreos en ocho puntos, con seis repeticiones cada uno, durante los meses de agosto a octubre. Los resultados revelaron una estrecha correlación entre los parámetros físico-químicos, lo que sugiere condiciones óptimas del suelo, con niveles consistentes de fósforo, nitrato, potasio y materia orgánica en los diferentes puntos de muestreo evaluados. Aunque los suelos presentan características adecuadas con una calidad y fertilidad moderadas, se identificaron niveles elevados de nitratos que requieren regulación para futuras siembras, así como una notable contaminación antropogénica in situ que también necesita ser abordada.

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

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

Evaluar el estado de degradación fisicoquímica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu - Puno, 2024.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el estado de fertilidad, de acuerdo a la concentración de los parámetros fisicoquímicos de los suelos agrícolas del Centro poblado de Ichu.
- Determinar el estado de acidez o salinidad, de acuerdo a la concentración de los parámetros pH y conductividad eléctrica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.

## **CAPÍTULO II**

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

#### **2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

##### **2.1.1. EL SUELO**

El suelo es la base esencial para la agricultura, siendo una compleja estructura compuesta por materia orgánica, materia mineral, agua y aire. Este medio ofrece el soporte esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, suministrando nutrientes a las plantas, agua y estabilidad mecánica. La formación del suelo es el producto de la interacción continua entre el clima, la topografía, los organismos y los materiales de origen parental a lo largo de extensos períodos de tiempo (FAO, 2020).

##### **2.1.2. DEGRADACIÓN DE SUELOS**

La degradación del suelo implica una alteración en la condición del suelo que reduce la capacidad del ecosistema para generar bienes o brindar servicios a sus usuarios. El deterioro de la salud funcional de los suelos los hace ineficaces para proporcionar los bienes y servicios que normalmente suministran (FAO, 2024).

Ardiles (2019), indica que la degradación del suelo está asociada a una serie de factores, entre ellos las malas prácticas de gestión del suelo, prácticas del monocultivo, el uso excesivo de fertilizantes químicos, la deforestación en áreas con pendientes pronunciadas y la quema de residuos de cosechas. Estas prácticas, frecuentemente originadas por falta de conocimiento sobre sus efectos, contribuyen a la disminución de la fertilidad del suelo.

### **2.1.3. DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO**

La degradación física se refiere a los procesos que provocan alteraciones desfavorables en las características y propiedades físicas del suelo. Casi todos los procesos que causan la degradación física están estrechamente relacionados entre sí, alteran la estructura y reducen la porosidad, lo que disminuye las relaciones aire-agua en el suelo (López, 2002).

### **2.1.4 DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL SUELO**

La degradación química comprende la pérdida de nutrientes esenciales, la acumulación excesiva de ciertos nutrientes, disminución de la capacidad de intercambio catiónico y el incremento de la salinidad o acidez. Este tipo de degradación se evidencia por el uso excesivo de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), gestión inadecuada del agua de riego, sobreexplotación del suelo y acumulación de residuos (MINAGRI, 1999).

### **2.1.5. FERTILIDAD DEL SUELO**

La fertilidad del suelo se refiere a su capacidad de suministrar nutrientes clave para el crecimiento de las plantas. Hay tres factores esenciales que afectan la fertilidad del suelo: físico, químico y biológico. Todos estos factores son igualmente importantes y se influyen entre sí en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Cherlinka, 2022).

De acuerdo con el MINAGRI (2011), una fertilidad fisicoquímica ideal es cuando un suelo tiene textura media (suelo franco y franco arenoso), materia orgánica alta, fósforo y potasio alto, ph entre (6-7), CIC alto, conductividad eléctrica menor a 2 dS/m.

### **2.1.6. DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES**

La disponibilidad de nutrientes en el suelo es un componente fundamental que influye en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos agrícolas. Este aspecto se refiere a la capacidad del suelo para ofrecer a las plantas los nutrientes esenciales que necesitan para un metabolismo eficiente y funcionamiento fisiológico óptimo. Entre estos nutrientes, se incluyen macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), así como micronutrientes como hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl) (López

et al., 2010). La disponibilidad de estos nutrientes en formas solubles y fácilmente absorbibles por las raíces de las plantas está influenciada por diversos factores, como el pH del suelo, la actividad microbiana, la materia orgánica, la textura del suelo y las interacciones entre nutrientes (Rentería-Chávez et al., 2017).

#### **2.1.7. SALINIDAD**

La salinidad constituye un factor ambiental que restringe tanto el crecimiento como la productividad de los cultivos agrícolas (Escalante, 2020). Puede originarse por factores naturales; sin embargo, su causa principal radica en prácticas agrícolas deficientes, como el riego inadecuado, el mal uso de los fertilizantes, la falta de drenaje, la aplicación incorrecta de abonos y otros residuos animales. La concentración de sales en el suelo influye en su conductividad eléctrica y su capacidad para retener agua, lo que a su vez impacta en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la actividad microbiana del suelo (Andrade-Hoyos et al., 2023). Un alto contenido de sales puede causar estrés osmótico en las plantas, que dificulta la absorción de nutrientes y agua, causando un crecimiento deficiente y una disminución en la productividad. Además, la acumulación de sales en el suelo puede provocar la degradación de la estructura del suelo, la salinidad del suelo y la salinización del agua subterránea, lo que representa un desafío significativo para la agricultura sostenible y la conservación de los recursos naturales (Tofiño Rivera et al., 2020).

#### **2.1.8. PH DEL SUELO**

El pH del suelo es un factor crítico que ejerce una influencia significativa en numerosos procesos biológicos, químicos y físicos que ocurren en el suelo. Este parámetro, que evalúa la acidez o alcalinidad del suelo, impacta la disponibilidad y la absorción de nutrientes por las plantas, ya que afecta la solubilidad de los minerales y la actividad microbiana del suelo (Soriano, 2014). Un pH apropiado es fundamental para optimizar la fertilidad del suelo, ya que facilita una absorción eficiente de macronutrientes como nitrógeno, potasio y fósforo, así como de micronutrientes como hierro, manganeso y zinc. Además, el pH del suelo influye en la actividad de los microorganismos, como bacterias y

hongos, que desempeñan un papel esencial en la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Rodríguez & Crispín, 2010).

### **2.1.9 ALCALINIZACIÓN DEL SUELO**

La alcalinización del suelo, se refiere al exceso de sodio intercambiable en el suelo. Con el aumento de su concentración, el sodio empieza a reemplazar a otros cationes. Los suelos sódicos son comunes en regiones áridas o semiáridas y muchas veces presentan inestabilidad con propiedades fisicoquímicas muy deficientes (FAO, 2023). Debido a ello, el suelo presenta impermeabilidad, reduciendo la infiltración y percolación del agua por el suelo (Cherlinka, 2022).

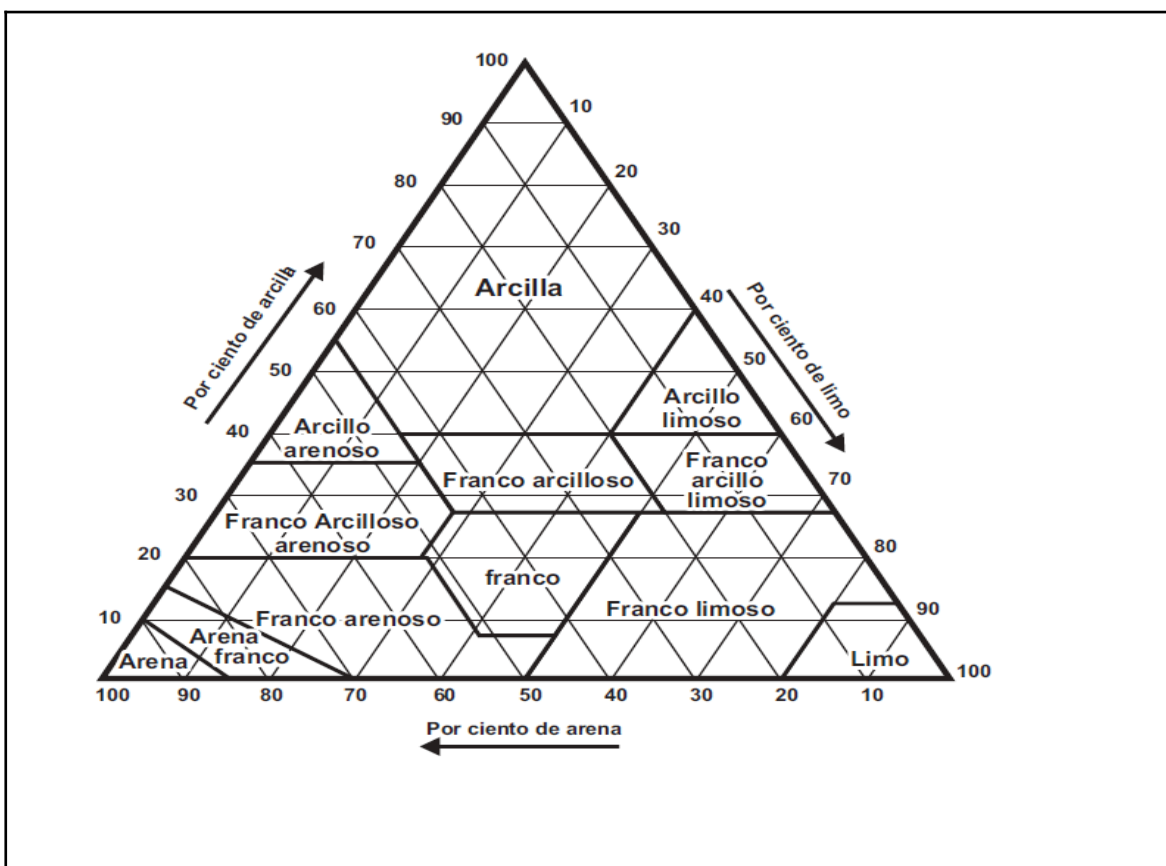
## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

#### **2.2.1.1 Textura**

La textura es la proporción de cada elemento del suelo, como la arena gruesa, la arena media, la arena fina, el limo y la arcilla. La condición física de un suelo afecta su firmeza, resistencia, permeabilidad a las raíces, aireación, capacidad de drenaje y retención de agua, así como su plasticidad y capacidad para retener nutrientes (Rucks et al., 2004).

Según la FAO (2023), la textura del suelo se define por la proporción de sus elementos inorgánicos, como arena, arcilla y limo, que varían en tamaño y forma. Esta propiedad es fundamental, ya que tiene un impacto relevante en la fertilidad del suelo y en su capacidad para retener agua, proporcionar aireación, drenaje adecuado, contenido de materia orgánica y otras características importantes. La clasificación de la textura del suelo, según el triángulo de textura, se utiliza como una herramienta estándar. Partículas del suelo que tienen un tamaño superior a 2.0 mm se consideran piedras o gravas, y se incluyen en la clasificación de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso que contiene un 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas. Cuando predominan los componentes orgánicos, se forman suelos orgánicos en lugar de minerales.



**Figura 01:** Triángulo textural

**Fuente:** USDA

### 2.2.1.2 Estructura

Es la forma en la que las partículas del suelo se unen para formar agregados (Van, 2006).

La estructura tiene un impacto en el movimiento de agua y la aireación, así como en el crecimiento de las especies vegetales y la formación de costras superficiales. Otros factores importantes que dependen en gran medida de la estructura del suelo incluyen el paso de raíces entre los agregados y la erosionabilidad del suelo. Los suelos bien estructurados son menos susceptibles a la degradación del suelo. Por lo tanto, en edafología, la estructura del suelo es una de las características más importantes (Corbella, 2023).

Una estructura del suelo bien desarrollada disminuye la vulnerabilidad a la compactación causada por el tráfico de maquinaria y el pisoteo de animales, ampliando así el período óptimo para realizar labores agrícolas como la siembra directa y la cosecha. La calidad

de la estructura del suelo se evalúa considerando diversos factores, entre ellos la forma, el tamaño, la porosidad, la firmeza, y la distribución de los agregados de diferentes dimensiones. Los suelos con una estructura favorable se caracterizan por ser friables, finos y altamente porosos (Noellemeyer et al., 2021).

### **2.2.1.3 Color**

El color del suelo está determinado por su composición y puede cambiar en función del contenido de humedad, la presencia de materia orgánica y el nivel de oxidación de los minerales presentes. Este atributo se utiliza como una herramienta indirecta para evaluar diversas características del suelo. Es crucial para distinguir diferentes capas en el perfil del suelo, identificar la naturaleza de la roca madre, detectar la cantidad de materia orgánica, evaluar el estado de drenaje y verificar la presencia de sales y carbonatos (FAO, 2020).

Una de las características edáficas que se pueden observar visualmente es el color. Se utiliza para distinguir horizontes y clasificar diferentes tipos de suelo. La razón principal por la que se estudian los colores del suelo es porque proporcionan información útil sobre la naturaleza de otras propiedades y condiciones del suelo. Debido a la importancia del color en la clasificación e interpretación del suelo, se ha establecido un sistema estándar para proporcionar descripciones precisas de los colores mediante el uso de las tablas de colores Munsell (Corbella, 2023).

## **2.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO**

### **2.2.2.1. Materia orgánica**

La materia orgánica se conforma por los restos de plantas, animales y células microbianas depositadas en el suelo, en proceso de descomposición. Este material es crucial como fuente de energía para la actividad y metabolismo de los microorganismos del suelo, y también sirve como sustrato para suministrar nutrientes esenciales para las plantas (Izquierdo & Arévalo, 2021).

La materia orgánica desempeña un papel fundamental en la mayoría de los procesos del suelo, y actúa además como un indicador clave e integrador que refleja su estado de salud (Ghisolfi, 2011).

Casanova et al. (2004) considera que el crecimiento de las plantas depende del contenido de nutrientes de la materia orgánica (MO). A través de la actividad de los organismos del suelo, los nutrientes se convierten en formas inorgánicas que las plantas pueden utilizar. El incremento de los rendimientos, el uso apropiado de fertilizantes minerales y el crecimiento de las raíces, contribuyen a elevar el contenido de MO en el suelo.

Cruz (2019) indica que la calidad del suelo lo determina el porcentaje de materia orgánica, ya que es responsable del 95% de nitrógeno en el suelo.

**Tabla 01:** Parámetro para medir la Materia Orgánica.

<b>MATERIA ORGÁNICA (MO)</b>	
Clasificación	Rango %
Pobre	< 2
Medio	2 – 4
Alto	>4

**Fuente:** MIDAGRI

#### 2.2.2.2. pH

El pH del suelo es un indicador que determina si este es ácido o alcalino, y tiene un impacto significativo en varios aspectos como la disponibilidad de nutrientes, la actividad microbiana y la solubilidad de minerales. Entre los factores principales que influyen en el pH del suelo se encuentran la temperatura y las precipitaciones, que regulan la intensidad de la lixiviación y la meteorización de los minerales en el suelo (INTAGRI, 2020). La acidez suele estar asociada con suelos que han experimentado lixiviación, mientras que la alcalinidad es más común en regiones secas. No obstante, prácticas agrícolas como el encalado o la aplicación de fertilizantes como el amonio pueden alterar



significativamente el pH del suelo. La medición del pH en realidad se refiere a la medición de la actividad del ion hidrógeno [H<sup>+</sup>] en la solución del suelo (USDA, 1999). Según Rivera et al. (2018) entre los diversos factores que afectan el pH del suelo se encuentra: la agricultura que a través de la intensidad de las cosechas y el manejo de la cobertura vegetal contribuyen a la pérdida de materia orgánica y nutrientes esenciales para la planta, otro factor es la gestión de fertilizantes, pues un exceso de este contribuye a la acidificación por la liberación de H<sup>(+)</sup> o a la alcalinización por la generación de productos residuales.

**Tabla 02:** Parámetro para medir el pH en el suelo

Clase	Rango
Ultra ácida	Menor de 3.5
Extremadamente ácido	3.6 - 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 - 5.0
Fuertemente ácido	5.1 - 5.5
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 - 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 - 9.0
Muy fuertemente alcalino	Mayor de 9.0

Fuente: USDA

### 2.2.2.3 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) en las mezclas de suelo y agua es un indicador del nivel de salino en el suelo. Aunque todos los suelos presentan cierta cantidad de sales, estas desempeñan un papel crucial en el desarrollo y crecimiento de las plantas (Gallart, 2018). No obstante, un exceso de sales puede inhibir dicho crecimiento al perturbar el

equilibrio entre el suelo y el agua. Los suelos con concentraciones elevadas de sales pueden originarse de manera natural o ser consecuencia de las prácticas humanas relacionadas con el uso y manejo del suelo. En otras palabras, los suelos con altas conductividades eléctricas impiden el buen crecimiento de las plantas por su alto contenido en sales (USDA, 1999).

**Tabla 03:** Parámetro para medir la Conductividad Eléctrica.

Clase	Rango C.E (d.S/m)
Normal	0 – 2
Muy ligeramente salino	2 – 4
Ligeramente salino	4 – 8
Moderadamente salino	8 – 16
Fuertemente salino	> 16

Fuente: USDA

#### 2.2.2.4 CIC

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una característica fundamental del suelo que se refiere como la suma total de cargas negativas presentes en la superficie de sus partículas. Representa la capacidad del suelo para retener cationes intercambiables, es decir, aquellos que pueden ser liberados y retenidos en las partículas del suelo (Acosta, 2007). Conocer la CIC es crucial, ya que indica el potencial del suelo para mantener y liberar nutrientes, influyendo así en la cantidad y frecuencia óptimas de aplicación de fertilizantes (INTAGRI, 2015). Sonon et al. (2022) indica que es una medida de las cargas negativas totales del suelo que Adsorben cationes de nutrientes vegetales como calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Así, la CIC describe la habilidad del suelo para incorporar estos nutrientes a la solución del suelo, facilitando su absorción por las plantas.

**Tabla 04:** Parámetro para medir la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

<b>Clasificación</b>	<b>Rango de la CIC (cmol(+)/kg)</b>
Muy baja	< 5
Bajo	5 – 10
Moderado	10– 17
Alta	17 – 25
Muy alta	>25

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina

### **2.2.3. ELEMENTOS ESENCIALES EN EL SUELO**

Los macronutrientes son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas su disponibilidad depende de varios factores como el tipo de material que constituye el suelo, la aplicación de fertilizantes, la lixiviación de suelos a través del perfil del suelo, la erosión y absorción de nutrientes por las plantas (Quispe, 2016).

#### **2.2.3.1 Nitrógeno (N)**

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes más importantes para las plantas. Al igual que el fósforo y el potasio, desempeña un papel clave en su crecimiento. Esto significa que las plantas necesitan estos tres nutrientes en cantidades relativamente grandes para crecer y desarrollarse adecuadamente (MINAGRI, 2003). La cantidad de nitrógeno disponible en el suelo depende en gran medida de la mineralización de la materia orgánica por microorganismos. Actualmente, está demostrado que es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, y que un deficiente suministro de este nutriente puede provocar notables descensos en la producción vegetal (Benimeli et al., 2019). De esta manera, los autores consideran que los suelos con alta disponibilidad de nitrógeno son aquellos que tienen porcentajes mayores a 0.2.

**Tabla 05:** Clasificación del suelo de acuerdo al Nitrógeno total.

<b>Clasificación</b>	<b>(%)</b>
Pobre	0.01
Medio	01 – 0.2
Alto	>0.2

**Fuente:** Universidad Nacional Agraria La - Molina

### 2.2.3.2 Fósforo (P)

El fósforo es el segundo elemento más importante para el crecimiento, la división celular, el alargamiento de las raíces, el desarrollo de semillas y frutos y la maduración temprana, no existe otro elemento que lo pueda reemplazar, además, permite soportar a las plantas inviernos crudos (MINAGRI, 2003).

La disponibilidad de fósforo en el suelo está fuertemente determinada por su nivel de pH. En suelos ácidos, el aluminio y el hierro tienen alta solubilidad, lo que causa su precipitación junto con el fósforo en forma de compuestos insolubles. En contraste, en suelos alcalinos con un pH superior a 7.5, la solubilidad del calcio aumenta, lo que provoca su reacción con los fosfatos, resultando en la precipitación de estos y la formación de compuestos insolubles, como la apatita. Por lo tanto, el fósforo muestra su mayor disponibilidad en un rango de pH entre 6.5 y 7.5, donde se produce una mayor mineralización tanto de compuestos orgánicos como minerales de fósforo (Ramírez, 1997).

**Tabla 06:** Parámetro de fertilidad del fósforo

<b>Clasificación</b>	<b>Rango (ppm)</b>
Pobre	< 7
Medio	7 a 14
Alto	>14

**Fuente:** MIDAGRI

### 2.2.3.3 Potasio (K)

El potasio, el tercer elemento más importante para el desarrollo de las plantas, esta ayuda a la planta a hacer uso más eficiente del agua y aumenta la resistencia a enfermedades (MINAGRI, 2003). Este elemento, junto al Calcio y Magnesio, muestran una mayor solubilidad en un rango de pH que va de 7 a 8.5. Cuando el suelo es ácido, es decir, tiene un pH bajo, la solubilidad de estos elementos disminuye. Como consecuencia, aumenta la probabilidad de que estos elementos sean lavados o arrastrados desde el perfil del suelo hacia capas más profundas o hacia el agua subterránea (Ramírez, 1997).

**Tabla 07:** Parámetro para medir el potasio.

<b>Clasificación</b>	<b>Rango (ppm)</b>
Pobre	< 100
Medio	100 a 240
Alto	>240

**Fuente:** MIDAGRI

#### **2.2.3.4 Cationes**

Los cationes son esenciales para las funciones metabólicas de las plantas. Los más comunes en el suelo agrícola incluyen el potasio ( $K^+$ ), el calcio ( $Ca^{+2}$ ), el magnesio ( $Mg^{+2}$ ), el sodio ( $Na^+$ ), el aluminio ( $Al^{+3}$ ) y los iones hidrógeno ( $H^+$ ). El potasio, que puede reemplazar al calcio o magnesio adherido a las partículas del suelo, es uno de los cationes que se encuentran en la solución del suelo. También están presentes nutrientes como amonio ( $NH_4^+$ ), hierro ( $Fe^{+3}$ ), manganeso ( $Mn^{+2}$ ) y cobre ( $Cu^{+2}$ ), pero en cantidades muy pequeñas. La mayoría de los cationes se adhieren a las superficies de las partículas del suelo, especialmente las arcillas, manteniendo un equilibrio dinámico con la solución del suelo y permitiendo su liberación cuando las plantas lo requieren. En conclusión los cationes son nutrientes que el suelo guarda y que las plantas toman para crecer (INTAGRI, 2015).

## 2.3 MARCO NORMATIVO

En Perú, la evaluación de suelos está regida por diversas normativas y leyes que buscan garantizar la gestión sostenible de estos recursos naturales. A continuación, se presenta una lista de algunas de las normas más relevantes en este ámbito:

“Ley N° 28611” - Ley General del Medio Ambiente, mediante el “D.S N° 011 - 2017 - MINAM” que establece el marco normativo para la gestión ambiental del país, promoviendo el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente.

“Ley N° 27333” - Ley Forestal y de Fauna Silvestre: Establece disposiciones para la conservación, aprovechamiento sostenible y restauración de los suelos y ecosistemas forestales.

“Decreto Supremo N° 042-2003-AG - Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre”: Regula aspectos específicos relacionados con la evaluación y manejo de suelos en el contexto forestal.

“Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI - Reglamento de Evaluación y Fiscalización Ambiental de Actividades Agrarias”: Establece lineamientos para la evaluación de suelos en actividades agrícolas, pecuarias y de aprovechamiento de recursos naturales.

“Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM - Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Aire, Agua y Suelo”: Define los estándares de calidad ambiental para suelos, estableciendo criterios para su evaluación y protección.

“Ley N° 29338” - Ley de Recursos Hídricos: Si bien su enfoque principal es la gestión del agua, también contempla disposiciones para la protección y conservación de los suelos como parte integral de los ecosistemas acuáticos.

“Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM - Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos”: Complementa la Ley de Recursos Hídricos con disposiciones específicas sobre la protección de suelos y la gestión integrada de cuencas hidrográficas.

## **2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

El nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos indica estado de degradación de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu - Puno, 2024.

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos indica estado de fertilidad baja de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.
- Los niveles de los parámetros pH y Conductividad eléctrica, indican la acidez o salinidad de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el centro poblado de Ichu, ubicado en el Distrito de Puno, Provincia de Puno y Región de Puno. Su ubicación geográfica corresponde a la latitud sur: 15° 52' 42.1" S (-15.87837004000), longitud Oeste: 69° 56' 31.5" W (-69.94208401000).

El Centro Poblado de Ichu se encuentra ubicado a 12 km al sur de la ciudad de Puno, abarcando una extensión de 23853.57 hectáreas, a una altitud de 3878 msnm. Limita por el Norte con el Centro Poblado de Jayllihuaya; por el Sur con el Distrito de Chucuito y por el Este con el Lago Titicaca. Su geomorfología es variada, desde cerros a la planicie del valle de Ichu, presentando un microclima que oscila entre los 5°C hasta 22 °C. La mayor parte de su territorio se destina a la agricultura y en menor medida para la ganadería.

Se caracteriza por ser una zona en la que se realizan actividades agrícolas, cultivando prioritariamente hortalizas como la cebolla, con tendencia al monocultivo semi intensivo, debido a que los productores cuentan con pequeñas parcelas, constituyendo su principal medio de vida.



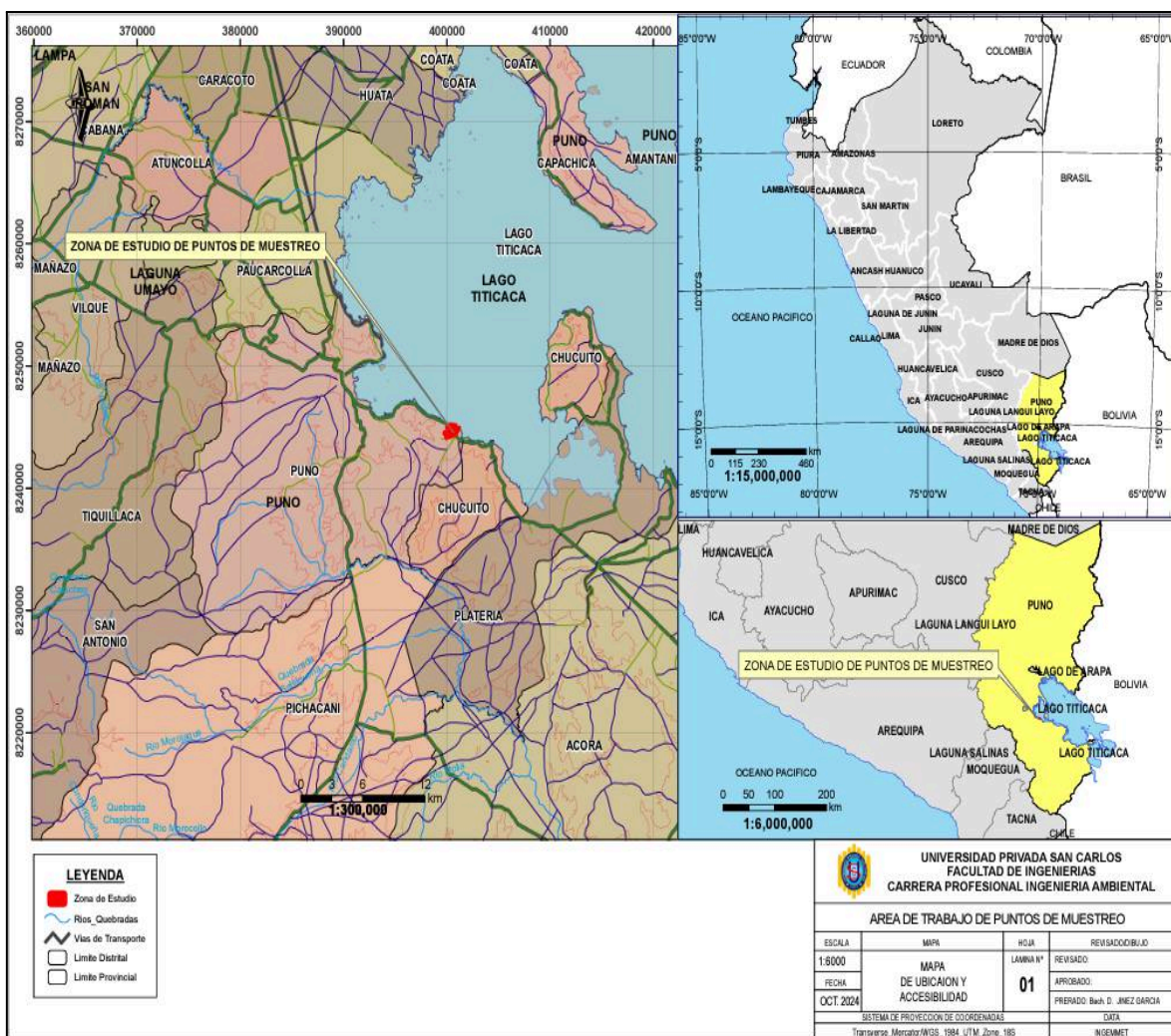
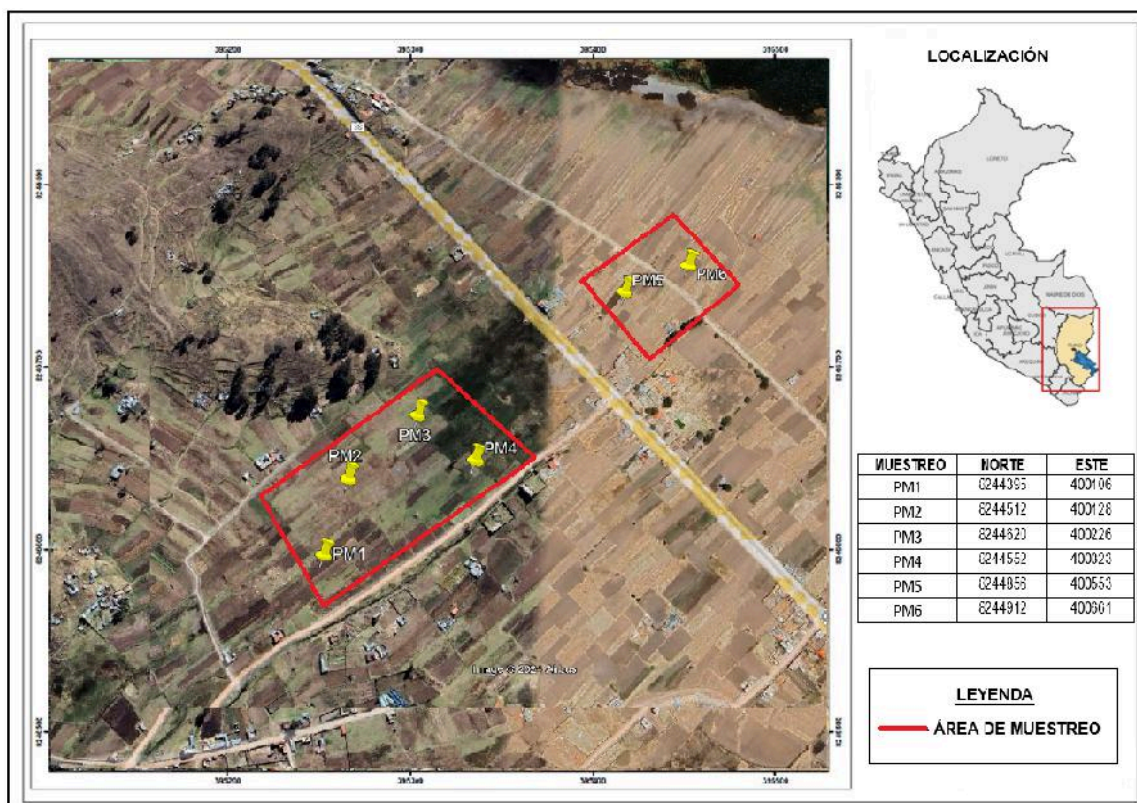


Figura 02: Mapa de ubicación y accesibilidad

Fuente: INGEMMET



**Figura 03:** Mapa de ubicación del área de investigación con los puntos de muestreo.

**Fuente:** Google Earth Pro

## 3.2. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

### 3.2.1 POBLACIÓN

Para este estudio, la población de estudio se consideró la zona agrícola conformada por una superficie aproximada de 4 ha, dividida en 6 sectores, considerando el área baja cercana a las orillas del lago Titicaca.

### 3.2.2. MUESTRA

La muestra de estudio se tomó en el centro poblado de Ichu, con una extensión de aproximadamente de 4 ha, considerando el protocolo de muestreo de suelos. Se aplicó la técnica en zigzag para obtener las submuestras, considerando cuatro sectores de la parte alta y dos de la parte baja, mezcladas homogéneamente para finalmente obtener una muestra representativa por sector, sumando un total de 6 muestras enviadas para su respectivo análisis al laboratorio del INIA - LABSAF detallados a continuación:

**Tabla 08:** Número de muestras de suelo agrícola por zona centro poblado Ichu

N°	MUESTRA	CÓDIGO/SECTOR	CANTIDAD	Cantidad
1	M1	1 A	1 kg.	1
2	M2	2 A	1 kg.	1
3	M3	3 A	1 kg.	1
4	M4	4 A	1 kg.	1
5	M5	1 B	1 kg.	1
6	M6	2 B	1 kg.	1
<b>TOTAL</b>				<b>6</b>

**A** = Zona Alta, **B** = Zona Baja

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1. MÉTODO

Para los análisis de laboratorio de las muestras fue necesario los servicios del laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) LABSAF ubicado en la localidad de Salcedo - Puno, siguiendo la metodología de la guía de muestreo para suelos establecida en el D.S. 002-2013-MINAM. Finalmente, se realizó el análisis de las muestras para evaluar 14 parámetros (Textura, Estructura, Color, pH, CE, MO, N, P, K, Calcio cambiante ( $Ca^{+}$ ), Magnesio Cambiante ( $Mg^{+}$ ), Sodio Cambiante ( $Na^{+}$ ), Potasio cambiante ( $K^{+}$ ) y CIC para determinar la fertilidad, salinidad o acidez de los suelos.

#### 3.3.2. TÉCNICAS

La técnica que se usó para la obtención de datos en campo:

- Observación
- Registro

#### 3.3.3 LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se usaron fueron:

- Guía de observación
- Registro de campo

- Instrumento de medición GPS

### 3.3.3 MATERIALES

**Tabla 09:** Materiales utilizados durante la etapa de la investigación

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Bolsas herméticas de polietileno	10
Costales	02
Plástico	06
Muestreador (barrena)	01
Romanilla	01
Wincha	01
Cooler	01
Cinta masking	01
Lapicero indeleble	01
Casaca o chaleco	01
Gorro o sombrero	01
Zapatos de seguridad	01
Guantes de látex	08
Lentes de protección	01

**Tabla 10:** Equipos

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
GPS	01
Cámara digital	01
Laptop portátil	01

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 11:** Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE Parámetros fisicoquímicos	- Física	Textura
		Estructura
		Color
	- Química	pH.
		CE
		MO
		N
		P
		K
		Calcio cambiable (Ca)
		Magnesio Cambiable (Mg)
		Sodio Cambiable (Na)
		Potasio cambiable (k)
		CIC
- Fertilidad	Baja	
	Media	
	Alta	
DEPENDIENTE Degradación del suelo	- Salinidad	Muy ligeramente salino
		Ligeramente salino
		Moderadamente salino
		Fuertemente salino

	fuertemente ácido
- Acidez	Moderadamente ácido
	Ligeramente ácido
	Neutro
	ligeramente alcalino
	Moderadamente alcalino
	Fuertemente alcalino

---

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptivo porque se orienta a describir las características fisicoquímicas de los suelos agrícolas para determinar su estado de fertilidad tal como se encuentra en la realidad.

#### 3.5.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó el diseño no experimental, dado que no se manipularon las variables, transversal, ya que los datos fueron recolectados en distintos sectores durante un solo periodo de tiempo.

#### 3.5.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**Objetivo específico 1:** Determinar el estado de fertilidad de acuerdo a la concentración de los parámetros fisicoquímicos de los suelos agrícolas del centro poblado Ichu.

Para el análisis del suelo se procedió de acuerdo al protocolo de muestreo de suelos establecido en el D.S. 002-2013-MINAM. Primero se hizo un recorrido del campo con la finalidad de observar las características físicas especialmente de homogeneidad del suelo (Fig. 10); para la determinación de los sectores de muestreo, considerando 4 sectores en la zona alta y 2 sectores en la zona baja (Fig. 10), luego se tomó la medición de la coordenada UTM con un GPS (Fig.17). Para la recolección de muestras se utilizó la técnica del zigzag recorriendo cada sector, procediendo a recoger con una barrena submuestras por cada punto de muestreo, a una profundidad de 20 cm. (Fig. 12).

Después se depositó en una manta de plástico para mezclarlos uniformemente y proceder con el cuarteo, del cual se obtuvo una muestra representativa de 1 kg de suelo agrícola por sector (Fig. 15). Seguidamente, las muestras fueron depositadas en bolsas herméticas debidamente rotuladas con los códigos correspondientes para finalmente trasladarlas al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA - LABSAF) para su correspondiente análisis (Fig. 18).

Una vez obtenidos los resultados de los parámetros fisicoquímicos (textura, estructura, color, pH, CIC, CE, Materia Orgánica, N, P, K y cationes cambiabiles), se procedió con la sistematización de los datos presentados en tablas y figuras, comparándolos con los parámetros establecidos por la USDA y UNAM (**anexo 3**) y determinamos el estado de fertilidad fisicoquímica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.

**Objetivo específico 2:** Determinar el estado de acidez y salinidad de acuerdo a los parámetros pH y conductividad eléctrica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.

Para determinar la el estado de acidez y salinidad de los suelos agrícolas se consideró los mismos procedimientos descritos para el objetivo específico 1, con la diferencia de que solo se tomaron los resultados de los parámetros conductividad eléctrica y pH, luego Se realizó la comparación con los parámetros considerados en los (anexos 3 y 4) respectivamente, determinando el estado de salinidad o acidez; finalmente se analizó e interpretó los resultados.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL CENTRO POBLADO DE ICHU.

##### 4.1.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

##### 4.1.1.1 TEXTURA.

En los análisis de los suelos agrícolas se identificaron dos clases texturales: franco y franco arenoso, como se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 12:** Resultado del análisis de textura en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.

Sector	Puntos de muestreo	TEXTURA			Interpretación
		Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase Textural
	PM-1	33,67	21,63	44,71	Franco
Zona alta	PM-2	56,24	15,63	28,14	Franco arenoso
	PM-3	56,24	13,55	30,21	Franco arenoso
	PM-4	59,88	13,41	26,71	Franco arenoso
Zona baja	PM-5	49,74	17,44	32,82	Franco
	PM-6	31,10	19,15	49,75	Franco

Se puede observar en la tabla 12 que, en los puntos de muestreo (PM-2, PM-3, PM-4) correspondientes a la zona alta, presentan una textura franco arenosa y solo el PM-1 muestra un suelo franco con una predominancia de la textura franco arenosa, indicando así una menor capacidad para retener la humedad y nutrientes. Mientras que en la zona baja (PM-5, PM-6) presentan un suelo franco, lo que indica que estos suelos tienen mayor



capacidad para la retención de nutrientes, humedad y humus en comparación a los suelos arenosos por las partículas texturales más gruesas y por ende mayor aireación por sus macroporos, en relación a los resultados obtenidos por Quispe (2016) en su investigación realizada en suelos del distrito de Callanmarca, Angaraes-Huancavelica. En una zona dedicada a la actividad agrícola sobre las propiedades físicas del suelo, obtuvo una textura que varió desde franco hasta franco arcilloso en condiciones de secano, mientras que bajo riego determinó una textura predominantemente franca similar a la estructura de los suelos de la investigación realizada en la localidad de Ichu. Por su parte, Chambi (2024), en su investigación realizada en la Isla Titino, Puno, encontró suelos con una textura franco arcillosa, a diferencia de los encontrados en los suelos de Ichu.

#### 4.1.1.2. ESTRUCTURA.

En los análisis se identificó una clase de suelos (granular) en los 06 puntos de muestreo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 13:.** Resultado del análisis de estructura en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.

Estructura						
CLASIFICACIÓN	Zona alta			Zona Baja		
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
<b>Granular</b>	Granular	Granular	Granular	Granular	Granular	Granular
<b>Subangular</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Prismática</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Laminar</b>	-	-	-	-	-	-

En la tabla 13 se observa que en el área estudiada, en ambas zonas se identificó una estructura granular en las 06 áreas de muestreo, ello tiene relación con la textura observada en la (tabla 12) lo que indica que dicha estructura favorece la aireación y el drenaje de los suelos agrícolas; al respecto, Quispe (2016), entre sus resultados observó

una estructura granular fina en suelos de seco y granular mediana en suelos bajo riego, guardando similitud con los suelos de las áreas agrícolas estudiadas de Ichu.

#### 4.1.1.3. COLOR

En los análisis de acuerdo a la tabla de Munsell se identificaron 2 tipos de color de suelo (marrón rojizo y marrón oscuro).

**Tabla 14:** Resultado de análisis de color en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.

Sector	Punto de Muestreo	de COLOR
	PM-1	Marrón rojizo
<b>Zona alta</b>	PM-2	Marrón rojizo
	PM-3	Marrón oscuro
	PM-4	Marrón rojizo
<b>Zona baja</b>	PM-5	Marrón oscuro
	PM-6	Marrón oscuro

En la tabla 14 se observa que en la zona alta hay predominancia del color marrón rojizo, a excepción de PM-3 que presenta marrón oscuro, y en la zona baja presenta un color marrón oscuro, lo cual puede estar relacionado con el contenido de materia orgánica. Estos resultados son similares a los de Chambi (2024), quien encontró suelos de color marrón rojizo en todos los puntos de muestreo de la Isla de Titino- Puno.

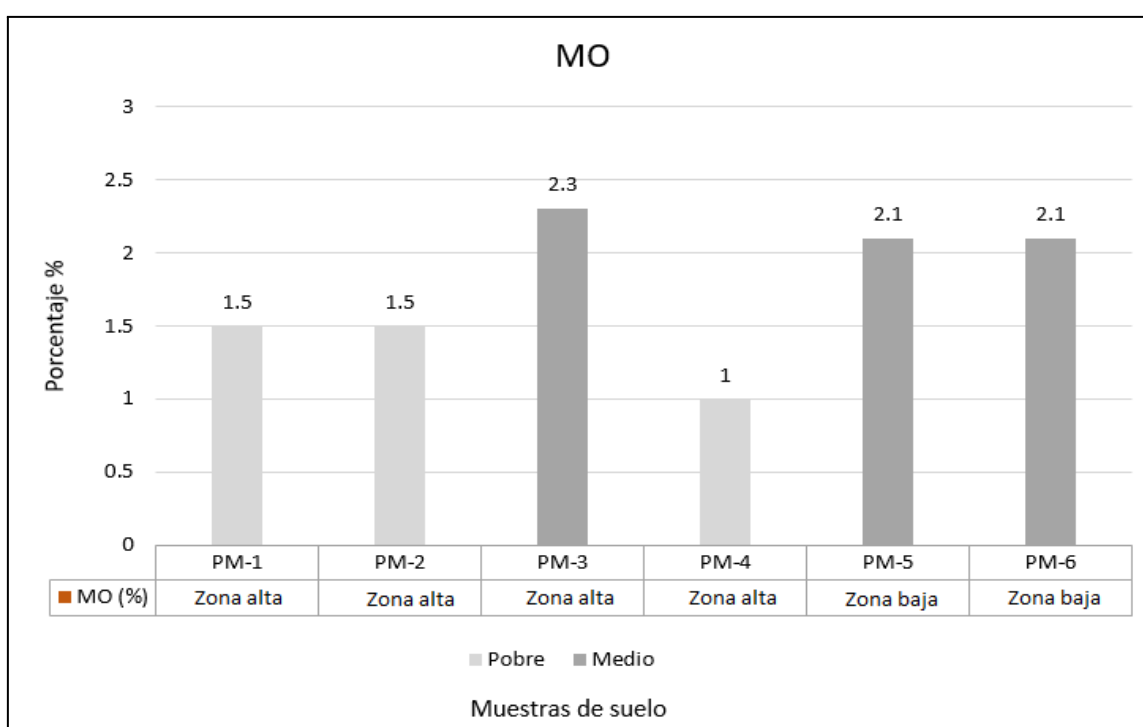
#### 4.1.2. RESULTADO PARÁMETROS QUÍMICOS

##### 4.1.2.1. Materia Orgánica

De acuerdo a los resultados de los análisis de los suelos (tabla 15), se encontraron dos niveles de materia orgánica pobre (<2 %) y medio (2 –4 %).

**Tabla 15:** Resultados del contenido de MO en los suelos de la localidad de Ichu.

		MO (%)					
CLASIFICACIÓN	Parámetro de comparación	Zona Alta				Zona Baja	
		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Pobre	< 2	1.5	1.5	-	1.0	-	-
Medio	2 – 4	-	-	2.3	-	2.1	2.1
Alto	> 4	-	-	-	-	-	-



**Figura 04:** Contenido de la materia orgánica en los suelos en la zona alta y baja del C.P. de Ichu.

La figura 04 muestra que los valores de MO varían entre 1.0% y 2.3%. La zona alta presenta un promedio de 1.6% clasificando como nivel “pobre”, mientras que la zona baja presenta un promedio de 2.1% lo que clasifica como nivel “medio”. Podemos concluir que en la zona alta existe una capacidad limitada para retener nutrientes, lo que indica que hay un proceso de degradación. Esto estaría relacionado con la quema de rastrojos, el uso de herbicidas y el uso de productos químicos que no aportan materia orgánica

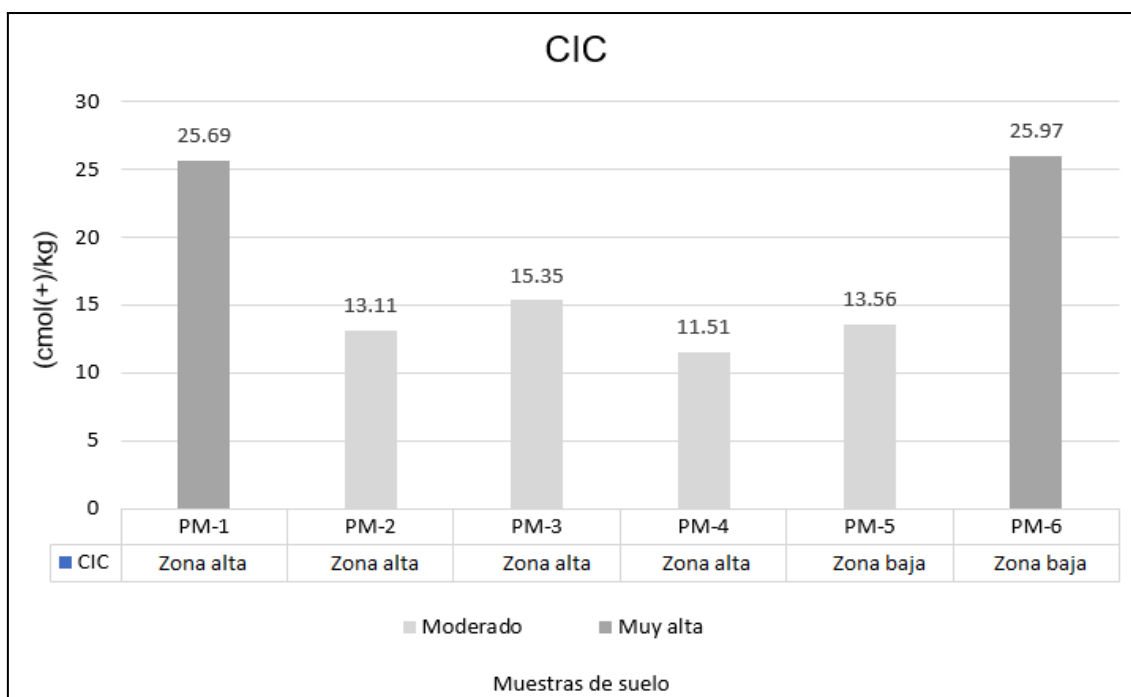
(Koicheoski, 2022). En contraste, la zona baja presenta niveles medios de MO, lo que indica que existen mejores condiciones para retener nutrientes, lo que es relativamente mejor en términos de fertilidad. Estos hallazgos presentan una notable similitud con los resultados de Chambi (2024), quien obtuvo nivel de MO “bajo” a “medio”, mientras que Cano (2021) encontró materia orgánica “baja” para suelos irrigados y no irrigados, lo que podría estar relacionado con las condiciones edafológicas y climáticas de la región.

#### 4.1.2.2. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

De acuerdo con los análisis de los suelos se identificaron dos niveles de CIC que fluctuaron entre nivel moderado (10 a 17) a nivel muy alto (>25), como se aprecia en la (tabla 16).

**Tabla 16:** Resultados del CIC de los suelos de la localidad de Ichu.

		CIC (cmol <sup>(+)</sup> /kg)					
CLASIFICACIÓN	Parámetro de comparación	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Muy bajo	< 5	-	-	-	-	-	-
Bajo	5 a 10	-	-	-	-	-	-
Moderado	10 a 17	-	13.11	15.35	11.51	13.56	-
Alta	17 a 25	-	-	-	-	-	-
Muy alta	> 25	25.69	-	-	-	-	25.97



**Figura 05:** Distribución de capacidad de intercambio catiónico en los suelos de la zona alta y baja del CP de Ichu.

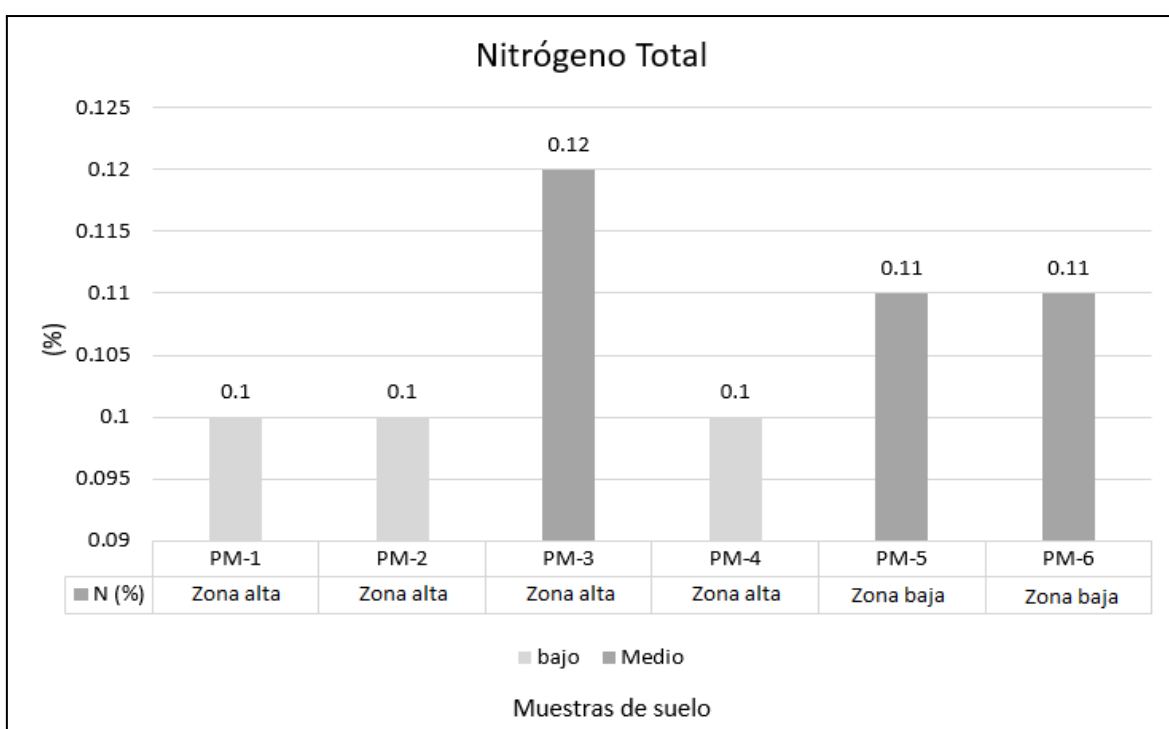
En la figura 05 se muestra una variación de los niveles de CIC que oscilan entre 11.51 cmol(+)/kg a 25.97 cmol(+)/kg. La zona alta muestra un promedio de 16.42 cmol(+)/kg, lo que clasifica como CIC “moderado”, indicando así que presenta una capacidad razonable para suministrar nutrientes, pero podría no ser tan efectiva como en los suelos con CIC muy altas. En la parte baja, el nivel del CIC se encuentra con un promedio de 19.77 cmol(+)/kg, clasificando como CIC “alta”, lo que indica una buena capacidad de intercambio de cationes, que es favorable para la retención de nutrientes en las plantas (INTAGRI, 2015). Estos resultados coinciden con los de Cano (2021), que demostró una CIC alta en suelos irrigados y una CIC media en suelos no irrigados, y al mismo tiempo Sifuentes (2020) obtuvo en el sector alto CIC “medio”, sector medio CIC “medio” y sector bajo CIC alto.

#### 4.1.2.3 Nitrógeno total

De acuerdo a los resultados, se identificaron 2 niveles de nitrógeno total, bajo (0% - 0.1%) y medio (0.1% - 0.2%) tal como se muestra en la (tabla 17).

**Tabla 17:** Resultados del análisis del nitrógeno total en los suelos de la localidad de Ichu.

CLASIFICACIÓN	Parámetro de comparación	Nitrógeno total (%)					
		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Pobre	0 – 0.1	<0.10	<0.10	-	<0.10	-	-
Medio	0.1 - 0.2	-	-	0.12	-	0.11	0.11
Alto	> 0.2	-	-	-	-	-	-



**Figura 06:** Distribución de nitrógeno total en la zona alta y baja de los suelos del C.P. de Ichu.

La figura 06, muestra que la concentración de nitrógeno total fluctuó entre 0.1% a 0.11%. Donde el promedio de la concentración de nitrógeno total en la zona alta fue de 0.675%, indicando que esta zona, a excepción del PM-3, presenta deficiencia crítica de nitrógeno, lo que podría limitar el desarrollo y crecimiento de las plantas, además de contribuir a su degradación. Mientras que en la zona baja el promedio es de 0.11%, clasificado como nivel “medio”, sugiriendo que esta zona presenta una cantidad moderada de nitrógeno,

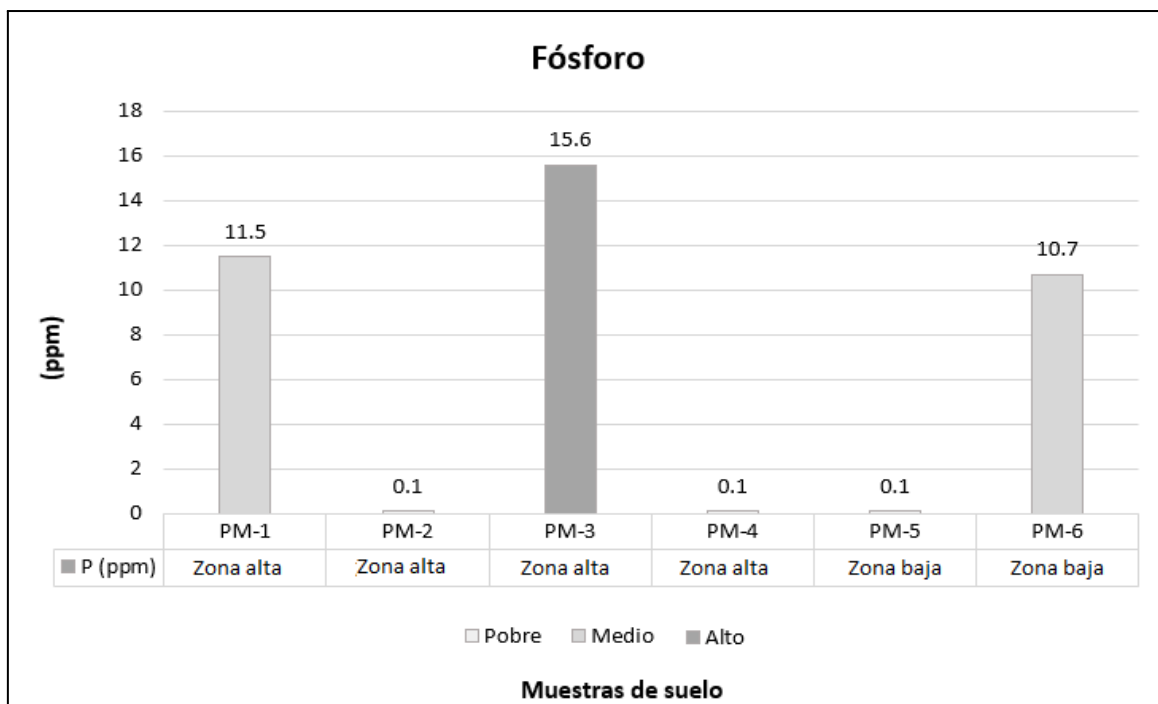
pero no lo suficiente para que la planta se desarrolle correctamente. Estos resultados guardan relación con la MO (Tabla 15), ya que esta contribuye a la disponibilidad de nutrientes. Los puntos de muestreo con alta MO mostraron valores altos de N y en los puntos con niveles MO “medio” el contenido de N es también medio. Estos resultados son similares a los de Oré et al. (2022), quien encontró niveles de N bajos en los cultivos de papa y arveja, mientras que en el cultivo de avena encontró nivel medio de nitrógeno.

#### 4.1.2.4. Fósforo (P)

Los resultados de esta variable (tabla 18) mostraron tres rangos de significancia, pobre (<7), medio (7 a 14) y alto (>14).

**Tabla 18:** Resultados del análisis de fósforo de los suelos agrícolas de la localidad de Ichu.

		Fósforo (mg/kg)					
CLASIFICACIÓN	Parámetro de comparación	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Pobre	< 7	-	<0.1	-	<0.1	<0.1	-
Medio	7 a 14	11.5	-	-	-	-	10.7
Alto	> 14	-	-	15.6	-	-	-



**Figura 07:** Distribución de fósforo de los suelos en zona alta y baja del C.P. de Ichu.

La figura 07 muestra que en ambas zonas existe variabilidad de fósforo, en promedio la zona alta posee 6.825 ppm y la zona baja 5.4 ppm, clasificando ambos como nivel pobre. Los puntos con niveles bajos (PM-2, PM-4, PM-5) sugieren que existe deficiencia severa de fósforo que podría limitar la fertilidad y provocar un retraso en el crecimiento o plantas enanas (MINAGRI, 2011). Lo cual se debería a la actividad semi-intensiva en la preparación de suelos para el cultivo de hortalizas como la cebolla, la que requiere de frecuentes labores culturales como escardas, deshierbado y riegos para el desarrollo óptimo del cultivo hasta su cosecha. Los resultados obtenidos son muy similares con los de Ardiles (2019), quien obtuvo valores con un nivel “pobre”, mientras que Chambí (2024) encontró valores de fósforo de nivel “alto” que superan nuestros resultados.

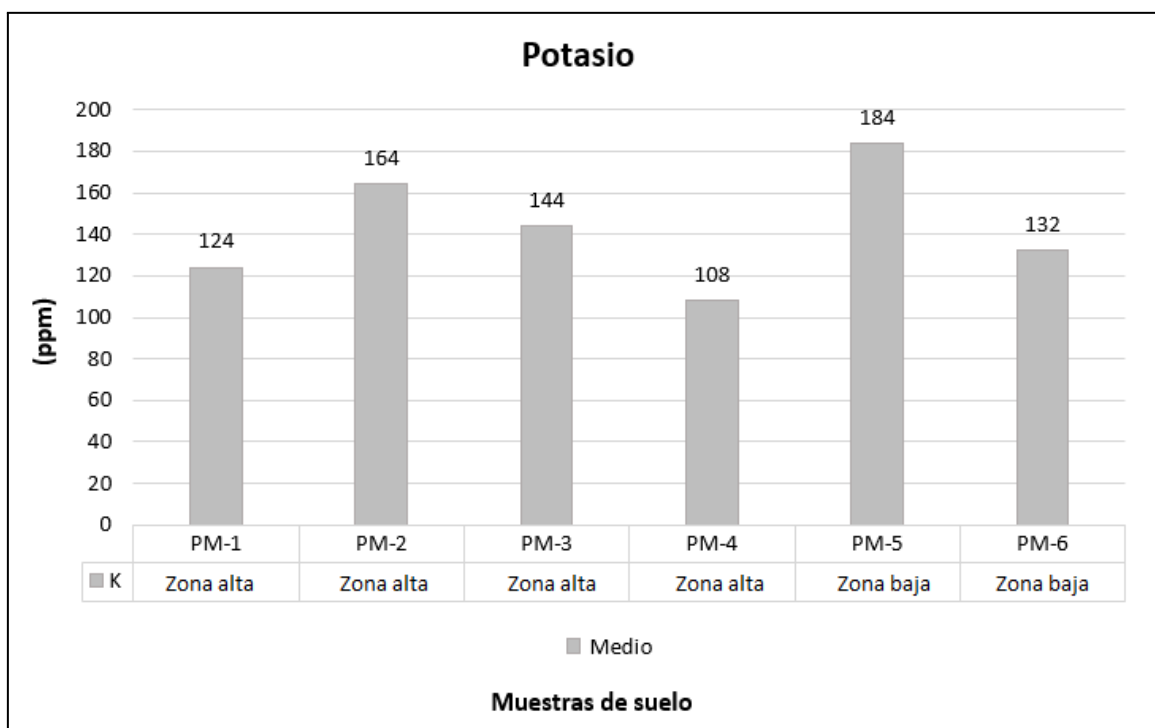
#### 4.1.2.5 Potasio (K)

En los resultados de esta variable se identificó un nivel “medio” de potasio en los 06 puntos de muestreo.



**Tabla 19:** Resultados del análisis de potasio en los suelos agrícolas de la localidad de Ichu.

		Potasio (ppm)					
CLASIFICACIÓN	Parámetro de comparación	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Pobre	< 100	-	-	-	-	-	-
Medio	100 a 240	124.0	164.0	144.0	108.0	184.0	132.0
Alto	> 240	-	-	-	-	-	-



**Figura 08:** Distribución del potasio de los suelos en zona alta y baja del C.P. de Ichu.

Según los resultados (figura 08) del contenido de potasio, la zona alta presenta un promedio de 135 ppm y la zona baja 158 ppm, ambos clasifican en un nivel “medio”. Lo que significa que los suelos presentan buena condición para el crecimiento de la planta y menor riesgo a enfermedades y daños por las heladas que se presentan en la región. Estos resultados guardan similitud con los de Cano (2021), que demostró un nivel “alto”

de K en suelos bajo riego y en seco, al mismo tiempo contrastan con los de Oré et al. (2022), quien encontró nivel “bajo” de K en todos los sistemas de uso.

#### 4.1.2.6. CATIONES

**Tabla 20:** Resultados del análisis de cationes en los suelos de la localidad de Ichu.

Sector	Punto de Muestreo	Bases Intercambiables			
		Ca <sup>(+)</sup>	Mg <sup>(+)</sup>	Na <sup>(+)</sup>	K <sup>(+)</sup>
Zona alta	PM-1	21.26	0.99	3.13	0.32
	PM-2	9.10	0.59	2.99	0.42
	PM-3	11.52	0.59	2.87	0.37
Zona baja	PM-4	7.52	0.59	3.11	0.28
	PM-5	9.68	0.66	2.75	0.47
	PM-6	21.36	0.99	3.29	0.34

En la tabla 22 se muestran los resultados de los cationes, donde en la zona alta, los promedios de los cationes son: Ca 12.35 (cmol<sup>(+)</sup>/kg) “moderado”, Mg 0.69(cmol<sup>(+)</sup>/kg) “bajo”, K 0.35(cmol<sup>(+)</sup>/kg) “bajo” y Na 3.03(cmol<sup>(+)</sup>/kg) “bajo”. Mientras que en la zona baja los promedios son: Ca 15.52 (cmol<sup>(+)</sup>/kg) “bueno”, Mg 0.83(cmol<sup>(+)</sup>/kg) “bajo”, K 0.41(cmol<sup>(+)</sup>/kg) “bajo” y Na 3.02 (cmol<sup>(+)</sup>/kg) “bajo”. Haciendo una comparación con la tabla de valores (anexo 5) podemos concluir que en la zona baja se presenta un mejor nivel de calcio en comparación con la zona alta, lo que es beneficioso para la salud de la planta. No obstante, en las dos zonas se presenta deficiencia de magnesio y potasio, lo que podría afectar la actividad fotosintética y el rendimiento de la planta. En cuanto al sodio, los niveles son bajos en ambas zonas, lo que es favorable, ya que un exceso de sodio puede afectar la disponibilidad de otros nutrientes, lo que coincide con los resultados de la CE (tabla 24) en la que los suelos en ambas zonas tienen un nivel normal.

#### 4.1.2.7. Resultados del nivel de fertilidad zona alta y zona baja.

**Tabla 21:** Resultados nivel de fertilidad zona alta de los suelos del C.P de Ichu.

	<b>FERTILIDAD</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Materia Orgánica</b>	<b>Fósforo disponible</b>	<b>Potasio disponible</b>
	<b>Clasificación</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>ppm P</b>	<b>ppm K</b>
<b>ZONA</b>	<b>Bajo</b>	0.0675	1.575	6.825	-
<b>ALTA</b>	<b>Medio</b>	-	-	-	135
	<b>Alto</b>	-	-	-	-

Fuente: Universidad Nacional Agraria – La Molina

**Tabla 22:** Resultados nivel de fertilidad zona baja de los suelos del C.P de Ichu.

	<b>FERTILIDAD</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Materia Orgánica</b>	<b>Fósforo disponible</b>	<b>Potasio disponible</b>
	<b>Clasificación</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>ppm P</b>	<b>ppm K</b>
<b>ZONA</b>	<b>Bajo</b>	-	-	5.4	-
<b>BAJA</b>	<b>Medio</b>	0.11	2.1	-	158
	<b>Alto</b>	-	-	-	-

Fuente: Universidad Nacional Agraria – La Molina

## 4.2. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE ACIDEZ O SALINIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL CENTRO POBLADO DE ICHU.

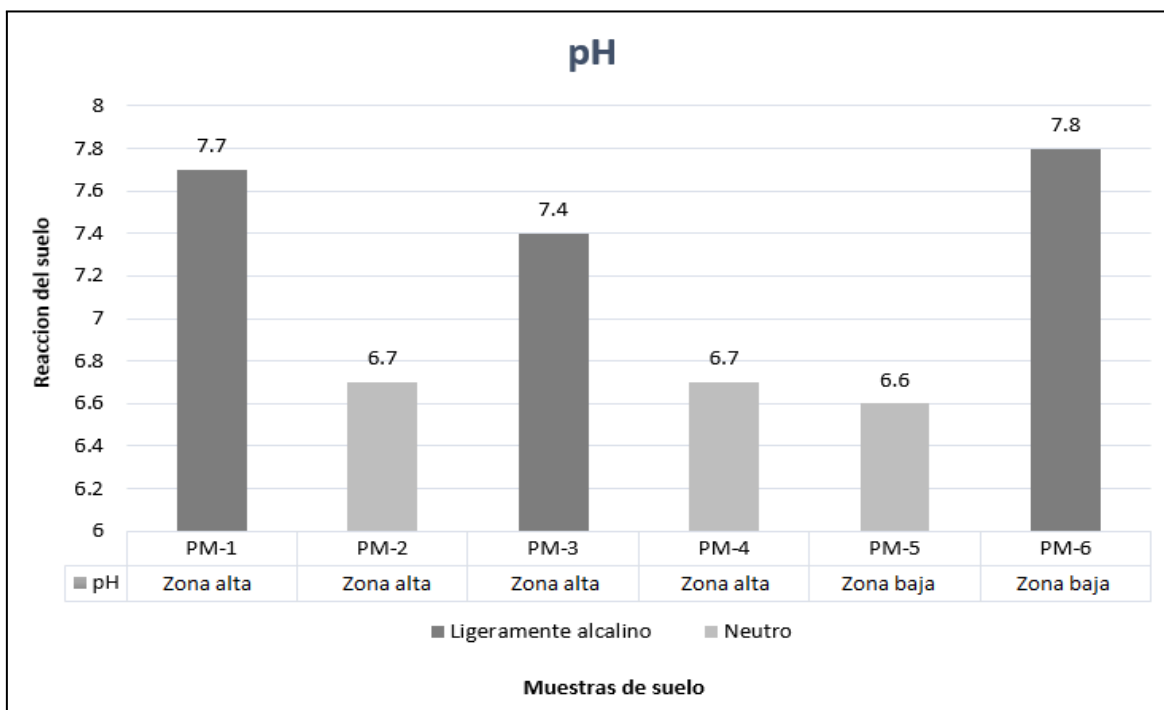
### 4.2.1. PH

Según los análisis, se identificaron dos clases de pH que van desde neutro (7.0) hasta ligeramente alcalino (7.1 a 7.8), como se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 23:** Resultado de análisis de pH en la zona alta y baja de la localidad de Ichu.

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Parámetro de comparación</b>	<b>PH</b>					
		<b>de Zona alta</b>			<b>Zona Baja</b>		
		<b>PM1</b>	<b>PM2</b>	<b>PM3</b>	<b>PM4</b>	<b>PM5</b>	<b>PM6</b>
<b>Fuertemente ácido</b>	< 5.1 a 5,5	-	-	-	-	-	-
<b>Moderadamente ácido</b>	5.6 a 6,0	-	-	-	-	-	-

<b>Ligeramente ácido</b>	6,1 a 6,5	-	-	-	-	-	-
<b>Neutro</b>	7,0	-	6.7	-	6.7	6.6	-
<b>Ligeramente alcalino</b>	7,1 a 7,8	7.7	-	7.4	-	-	7.8
<b>Moderadamente alcalino</b>	7,9 a 8,4	-	-	-	-	-	-



**Figura 09:** Distribución del contenido de pH en los suelos de la zona alta y baja del C.P. de Ichu.

La figura 09 muestra que en la zona alta se presentan valores de pH que oscilan entre 6.7 y 7.7, con un promedio de 7.13 clasificando como “ligeramente alcalino” y en la zona baja presenta un promedio 7.2 clasificando también como “ligeramente alcalino”. En ambas zonas, el rango del pH es aceptable para la mayoría de cultivos. No obstante, el pH “ligeramente alcalino” sugiere que hay un leve impacto en el crecimiento y producción de la planta por la deficiente asimilación de nutrientes. Estos resultados concuerdan con los de Chambi (2024), quien obtuvo un pH “ligeramente alcalino”. Mientras que Loyza (2020)

encontró suelos con pH entre 5.3 y 5.83, indicando que los suelos tienen tendencia a la acidificación, posiblemente por la incorporación de abonos nitrogenados.

#### 4.2.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica de los suelos agrícolas evaluados en los 06 puntos de muestreo se encuentra en un rango de 0 a 2 dS/m “normal” como se puede observar en la tabla 16.

**Tabla 24:** Resultados de conductividad eléctrica en los suelos de la localidad de Ichu.

CLASIFICACIÓN	Parámetro de comparación	CE (dS/m)					
		Zona alta			Zona baja		
		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
<b>Normal</b>	<b>0 – 2</b>	0.52	0.406	0.476	0.393	0.423	0.475
<b>Muy ligeramente salino</b>	<b>2 – 4</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Ligeramente salino</b>	<b>4 – 8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Moderadamente salino</b>	<b>8 – 16</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Fuertemente salino</b>	<b>&gt; 16</b>	-	-	-	-	-	-

En la tabla 24 se aprecia el resultado de los análisis, donde el promedio de la conductividad eléctrica en la zona alta es de 0.44875 dS/m y en la zona baja es 0.449 dS/m, siendo las dos partes muy similares con una pequeña diferencia de 0.00025 dS/m, ambas zonas clasifican como “normal”. Esto significa que la cantidad de sales disueltas en los suelos muestreados es baja y que los suelos no presentan características salinas significativas, lo que es consistente en relación con los resultados del pH (tabla 23). Estos hallazgos coinciden con los de Sifuentes (2020) y Ardiles (2019), quienes obtuvieron suelos libres de salinidad en toda el área estudiada.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Al evaluar el estado de degradación de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu, los resultados de los análisis de laboratorio comparados con los parámetros establecidos por USDA y UNALM indican que presentan indicios de degradación en las áreas evaluadas, ya que se encuentran entre los niveles medio a bajo (pobre) en la generalidad de los parámetros como Materia Orgánica y nutrientes clave como el Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio.

**SEGUNDA:** Los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu de acuerdo a la concentración de los parámetros fisicoquímicos, y comparados con los parámetros establecidos por la UNALM, presentan un nivel de fertilidad media a baja tanto para la zona alta como para la zona baja.

**TERCERA:** Al analizar el estado de acidez y salinidad, de acuerdo a la concentración de los parámetros pH y conductividad eléctrica, los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu son ligeramente alcalinos, no existiendo características salinas significativas, sin embargo, indican una ligera tendencia a la alcalinidad que requiere ser monitoreada en el futuro.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Al MIDAGRI y entidades involucradas en el agro y medio ambiente realizar campañas de sensibilización, con la finalidad de conservar y preservar el recurso suelo dada su importancia como sustrato universal para la producción de alimentos, considerando los principios de sustentabilidad y la seguridad alimentaria.

**SEGUNDA:** A los productores del centro poblado de Ichu realizar prácticas agroecológicas sostenibles priorizando el uso de abonos orgánicos para mejorar la fertilidad y estructura de los suelos así como la rotación de cultivos, minimizar la aplicación de agroquímicos; ya que el uso desmedido de pesticidas, herbicidas, detergentes, entre otros, procedentes de las actividades agrícolas y domésticas pueden causar daño ecológico al suelo, en las aguas superficiales y subterráneas, afectando la salud de los consumidores de alimentos producidos en suelos irrigados con aguas contaminadas.

**TERCERA:** A la población del centro poblado de Ichu, evitar la contaminación de los recursos, agua y suelo mediante una disposición adecuada de los residuos sólidos y evitar el vertimiento de aguas residuales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *2022-04-29*, 3(5), 55-59.
- Andrade, K., Castillo, I., & Rossel, L. A. (2020). Quality of Agricultural Soils in the Interior Bay of Puno, Peru—2018. *Soil and water*, 29(2), 42-52.
- Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. En la agricultura: Una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(4), 366-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>
- Andreau, R., Gelati, P., Provaza, M., Bennardi, D., Fernández, D., & Vázquez, M. (2024, mayo 6). Degradación física y química de dos suelos del Cordón hortícola Platense. *Alternativas de tratamiento*. *12-2012*, 30(2), 107-117.
- 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]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/357307>
- Benimeli, M., Plasencia, A., Corbell, R., Guevara, D., Sanzano, A., Sosa, F., & Fernández, J. (2019). *El nitrógeno del suelo*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-sedes-sapientiae/suelos/el-nitrogeno-del-suelo-2019/12751686>
- Cano, J. W. (2021). Metales pesados y fertilidad de los suelos de la irrigación Canal N, Puno, Perú. *2021*, 18(4):(419-426), 8.
- Casanova, M., Vera, W., Walter Luzio, & Salazar, O. (2004). *Edafología*. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-de-concepcion/ingenieria-civil/manual-edafologia-2004/17686153>
- Chambi, J. (2024). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino—Puno 2023*. [Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/694>



- Cherlinka, V. (2022). *Fertilidad Del Suelo: Cómo Medirla Y Mejorarla*.  
<https://eos.com/es/blog/fertilidad-del-suelo/>
- Contreras, J. L., Martínez, J., Cadena, J., Novoa, R., & Tamara, R. (2020). Una evaluación de las propiedades fisicoquímicas de suelo en sistema productivo de maíz-algodón y arroz en el Valle del Sinú en Colombia. *12-2020*, 23(2), 10.
- Corbella, R. (2023). *Física del Suelo*.  
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/file:///C:/Users/usuario.DES  
KTOP-5IFKLOI/Downloads/Fisica%20del%20Suelo%20(3).pdf
- Cruz, K. (2019). *“Mapeo y análisis de calidad física y química de los suelos agrícolas de la Universidad Nacional Agraria La Molina aplicando herramientas SIG”* [Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3939>.
- Escalante, C. (2020). *Efecto del estrés salino (NaCl) sobre el metabolismo de la prolina y el papel de este suplementado de manera exógena en plantas de chile habanero (Capsicum chinense Jacq)* [Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C].  
<https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/1817>
- FAO. (2020). *Portal del suelo «Propiedades Físicas del Suelo»*.  
<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO. (2023). *Propiedades químicas: La alcalinización del suelo*.  
<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2024). *Portal de Suelos de la FAO*.  
<https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Gallart, F. (2018). *La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA].  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/94368>

- Ghisolfi, E. (2011). *Contenido de Materia Orgánica: Relación con la fertilidad del suelo en siembra directa*. (1a ed.). Eduvim.
- INTAGRI. (2015). *La Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo*. 09.  
<https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>
- INTAGRI. (2020). *Disponibilidad de Nutrientes y el pH del suelo*.  
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo>
- Izquierdo, J., & Arévalo, J. J. (2021). *Determinación de la materia orgánica del suelo (MOS) por el método químico y por calcinación*. 26, 9.
- Koicheoski, R. (2022). *Evaluación de la calidad del suelo en cuatro sistemas de uso (cacao, plátano, café y purma) ubicados en el caserío los Cedros, Distrito José Crespo y Castillo*. [Universidad Nacional Agraria de la Selva].  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6525111>
- López, R. (2002). *Degradación del Suelo: Causas, procesos, evaluación e investigación*.  
[https://www.researchgate.net/publication/264311522\\_Degradacion\\_del\\_Suelo\\_causas\\_procesos\\_evaluacion\\_e\\_investigacion](https://www.researchgate.net/publication/264311522_Degradacion_del_Suelo_causas_procesos_evaluacion_e_investigacion)
- Loyza, 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].  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15922>
- MINAGRI. (1999). *Manejo Ecológico de Suelos Conceptos, Experiencias y Técnicas* (Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos-RAAA). Editorial Gráfica Sttefany S.R.Ltda.  
<chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manejo-ecol-suelo-raaa.pdf>
- MINAGRI. (2003). *El Suelo*.

- [https://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca\\_boletines\\_el\\_suelo.pdf](https://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_boletines_el_suelo.pdf)
- MINAGRI. (2011). *Guía Técnica de Orientación al productor: Cadena Agro productiva de Papa – Manejo y Fertilidad de Suelos*. Ministerio de Agricultura y Riego. <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/627>
- Mita, V. F., & Hervé, D. (2021). Diagnóstico de la fertilidad del suelo y análisis de la introducción de la mecanización agrícola en las familias Uru Chipayas. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(3), 31-44. <https://doi.org/10.53287/fkfb8438dz68f>
- Montatixe, C. I., & Eche, M. D. (2021). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra*, 8(1). <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
- Noellemeyer, E., Álvarez, L., Leizica, E., & Gómez, F. (2021). Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo. 2021, 76.
- Oré, L. E., Calliri, M. S., Rengifo, J. P., & Loarte, W. C. (2022, junio). Evaluación de los indicadores fisicoquímicos y biológicos del suelo en sistemas de uso agrícola: Arveja, papa y avena en la provincia de Chupaca –Junín, 2022. 19-05-2022, 2(1). <https://revistas.une.edu.pe/index.php/QantuYachay/article/view/14/21>
- Panchi, E. (2024). *Evaluación de la calidad del suelo, mediante el análisis físicoquímico, para establecer la influencia de las actividades antrópicas en la microcuenca del río Cinto, parroquia Lloa, Cantón Quito, Provincia de Pichincha*. [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27164>
- Pinedo, J. A. (2020). “*Determinación de la fertilidad de los suelos agrícolas en los centros poblados de Nuevo Celendín y Tarapotillo, 2019*” [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55274>
- Quispe, E. (2016). *Caracterización física, química y biológica de suelos del distrito de Callanmarca-Angaraes-Huancavelica*. [Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3422303>

- Ramírez, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Produmedios.  
<https://plataformaiestphuando.com/wp-content/uploads/2023>
- Rathore, R. K., Kashyap, N. K., Annamareddy, S. H. K., Hait, M., Roymahapatra, G., & Vaishnav, M. (2023). Evaluación de las cualidades fisicoquímicas del suelo de las tierras de pastoreo en el bloque Kartala, Chhattisgarh, India. *26- 03-2023, 11(856)*, 8.
- Rentería-Chávez, M. C., Pérez-Moreno, J., Cetina-Alcalá, V. M., Ferrera-Cerrato, R., & Xoconostle-Cázares, B. (2017). Transferencia de nutrientes y crecimiento de *Pinus greggii* Engelm. Inoculado con hongos comestibles ectomicorrícicos en dos sustratos. *Revista Argentina de Microbiología, 49(1)*, 93-104.  
<https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.06.004>
- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *2018, 4(2)*, 101-105.
- Rodríguez, A. G., & Crispín, M. D. C. (2010). Contenidos esenciales en la asignatura de Química III en la Escuela Nacional Preparatoria. Un análisis mediante el empleo de redes semánticas naturales. *Educación Química, 21(2)*, 139-145.  
[https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30163-0](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30163-0)
- Rucks, L., Garcia, F., kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo. 2004*, 68.
- Sifuentes, R. P. (2020). *“Diagnóstico de la fertilidad de los Suelos Agrícolas del distrito de Pueblo Libre, Huaylas-Ancash-2020 .* [Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5776>
- Sonon, L. S., Kissel, D. E., & Saha, U. (2022). Cation Exchange Capacity and Base Saturation. *08-2022*.  
[https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201040\\_3.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201040_3.PDF)
- Soriano, M. (2014). *Ph del suelo*. Universitat Politècnica de València.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano%20-%20pHdel%20suelo.pdf>

- Tofiño Rivera, A. P., Carbono Murgas, R. E., Melo Ríos, A. E., & Merini, L. J. (2020). Efecto del glifosato sobre la microbiota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(1), 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.01.006>
- USDA, (Departamento de Agricultura de los EEUU). (1999, septiembre). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%c3%ada%20para%20la%20Evaluaci%c3%b3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf>
- Van, A. (2006). *Agricultura Orgánica El Suelo: Sus Componentes Físicos*. 17.
- Wang, J., Zhou, W., Zhao, M., & Guo, X. (2023). Water quality assessment and pollution evaluation of surface water sources: The case of Weishan and Luoma Lakes, Xuzhou, Jiangsu Province, China. *Environmental Technology & Innovation*, 32, 103397. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103397>

## ANEXOS

**Anexo 01:** Matriz de consistencia: nivel de degradación de los suelos de acuerdo a su fertilidad y salinidad en el centro poblado de Ichu - Puno, 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es el estado de degradación fisicoquímica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu - Puno, 2024?</p> <p><b>Problemas específicos</b> ¿Cómo es el estado de fertilidad de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu - Puno, 2024?</p> <p>¿Cómo es el estado de salinidad o acidez de los suelos agrícolas del centro Poblado de Ichu - Puno, 2024?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Evaluar el estado de degradación fisicoquímica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu - Puno, 2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Determinar el estado de fertilidad, de acuerdo a la concentración de los parámetros fisicoquímicos de los suelos agrícolas del Centro poblado de Ichu.</p> <p>Determinar el estado de acidez o salinidad, de acuerdo a la concentración de los parámetros pH y conductividad eléctrica de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> El nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos indica estado de degradación de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu - Puno, 2024.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> El nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos indica el estado de fertilidad baja de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.</p> <p>Los niveles de los parámetros pH y Conductividad eléctrica, indican la acidez o salinidad de los suelos agrícolas del centro poblado de Ichu.</p>	<p><b>VARIABLE I.</b> Parámetros físico-químicos</p> <p><b>VARIABLE D.</b> Degradación de los suelos.</p>	<p><u>FÍSICOS</u> Textura Estructura Color</p> <p><u>QUÍMICOS</u> pH CE. MO N P K Cationes CIC</p> <p><u>FERTILIDAD</u> Baja Media Alta</p> <p><u>SALINIDAD</u> Muy ligeramente salino Ligeramente salino Moderadamente salino Fuertemente salino</p>	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> No experimental</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Descriptivo</p> <p><b>MÉTODO</b> No experimental</p> <p><b>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN</b> Cuantitativo</p> <p><b>Técnicas:</b> Observación Registro</p> <p><b>Instrumentos:</b> Guía de observación Registro de campo. instrumento de medición GPS.</p>

## Anexo 02: Parámetros que definen la fertilidad de los suelos

<b>FERTILIDAD</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Materia Orgánica</b>	<b>Fósforo disponible</b>	<b>Potasio disponible</b>
<b>Clasificación</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>ppm P</b>	<b>ppm K</b>
<b>Bajo</b>	0 - 0,1	< 2,0	< 7,0	< 100
<b>Medio</b>	0,1 - 0,2	2 – 4	7,0 a 14	100 – 240
<b>Alto</b>	>0,2	> 4,0	> 14	> 240

Fuente: Universidad Nacional Agraria – La Molina



**Anexo 03:** Parámetros que definen la salinidad de los suelos

<b>SALINIDAD</b>	
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>CE (es)</b>
<b>Muy ligeramente salino</b>	< 2
<b>Ligeramente salino</b>	2 a 4
<b>Moderadamente salino</b>	4 a 8
<b>Fuertemente salino</b>	> 8

Fuente: Universidad Nacional Agraria – La Molina

#### **Anexo 04:** Valores para medir la Acidez

<b>Reacción</b>	
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Ph</b>
<b>Fuertemente ácido</b>	< 5,5
<b>Moderadamente ácido</b>	5.6 a 6,0
<b>Ligeramente ácido</b>	6,1 a 6,5
<b>Neutro</b>	7,0
<b>Ligeramente alcalino</b>	7,1 a 7,8
<b>Moderadamente alcalino</b>	7,9 a 8,4
<b>Fuertemente alcalino</b>	>8,5

Fuente: Universidad Nacional Agraria – La Molina

**Anexo 05:** Valores para medir los cationes de los suelos

<b>Valores Cationes (cmol.kg<sup>-1</sup>)</b>					
<b>Clasificación</b>	<b>Muy bajo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Moderado</b>	<b>Bueno</b>	<b>Muy bueno</b>
calcio	<4	4 a 10	10 a 15	15 a 20	>20
magnesio	<0.40	0.40 a 100	100 a 200	200 a 400	>400
potasio	<0.20	0.20 a 0.50	0.75 a 100	100 a 200	>200

Fuente: Universidad Nacional Agraria – La Molina

## Anexo 06: Informe análisis de suelos del laboratorio



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

### INFORME DE ENSAYO N° 8001 / SU / LABSAF - ILLPA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Delsy Marina Jinez Garcia  
 Propietario / Productor : Delsy Marina Jinez Garcia  
 Dirección del cliente : Urb. Manto 2000 Mz. E  
 Solicitado por : Deisy Marina Jinez Garcia  
 Muestreado por : Deisy Marina Jinez Garcia  
 Número de muestra(s) : 6  
 Producto declarado : Suelo  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plastico  
 Referencia del muestreo : Centro Poblado Ichu  
 Procedencia de muestra(s) : Puno-Puno-Puno  
 Fecha(s) de muestreo : 2024-07-03  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-07-03  
 Lugar de ensayo : LABSAF ILLPA  
 Fecha(s) de análisis : Del 2024-07-05 al 2024-07-23  
 Cotización del servicio : 132-24-ILL  
 Fecha de emisión : 2024-08-07



Firmado digitalmente por:  
CANIHUA ROJAS Jorge FAU  
20131305094 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 08/08/2024 08:48:05-0500

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU2206-ILL-24	SU2207-24-ILL	SU2208-24-ILL	SU2209-24-ILL	SU2210-24-ILL	SU2211-24-ILL		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo (***)	2024-07-03	2024-07-03	2024-07-03	2024-07-03	2024-07-03	2024-07-03		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:20	10:55	11:25	11:50	12:30	13:24		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	Muestra 05	Muestra 06		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH	unid. pH	0,1	7,7	6,7	7,4	6,7	6,6	7,8
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	52,0	40,6	47,6	39,3	42,3	47,5
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,5	1,6	<	0,9	<	0,6	1,5
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,1	<	<	<	<	<	<
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,1	<	<	<	<	<	<
Materia Orgánica	%	0,5	1,5	1,5	2,3	1,0	2,1	2,1
<b>Textura</b>								
Arena	%	-	33,67	56,24	56,24	59,88	49,74	31,10
Arcilla	%	-	21,63	15,63	13,55	13,41	17,44	19,15
Limo	%	-	44,71	28,14	30,21	26,71	32,82	49,75
Clase Textural			Franco	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco	Franco
<b>Bases Intercambiables</b>								
Calcio (Ca) (*)	cmol (+)/Kg	0,20	21,26	9,10	11,52	7,52	9,68	21,36
Magnesio (Mg) (*)	cmol (+)/Kg	0,10	0,99	0,59	0,59	0,59	0,66	0,99
Sodio (Na) (*)	cmol (+)/Kg	0,10	3,13	2,99	2,87	3,11	2,75	3,29
Potasio (K) (*)	cmol (+)/Kg	0,10	0,32	0,42	0,37	0,28	0,47	0,34
Nitrógeno Total (*)	%	0,10	<0,10	<0,10	0,12	<0,10	0,11	0,11
Potasio Disponible (*)	ppm	3,10	124,0	164,0	144,0	108,0	184,0	132,0
Fósforo Disponible (*)	mg/kg	0,1	<0,1	90,1	<0,1	54,2	60,1	<0,1
Fósforo Disponible (*)	mg/kg	0,1	11,5	<0,1	15,6	<0,1	<0,1	10,7
ClCe (*)	cmol (+)/Kg	-	25,69	13,11	15,35	11,51	13,56	25,97



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves  
 Acreditado con la Norma  
 NTP-ISO/IEC 17025:2017  
 LABSAF ILLPA - PUNO  
 Dirección: Anexo Rinconada Salcedo S/N  
 Email: labsafilla@inia.gob.pe

F-46 / Ver.05  
[www.inia.gob.pe](http://www.inia.gob.pe)

Página 1 de 2

## Anexo 07: Panel fotográfico



**Figura 10:** Reconocimiento del área de estudio.



**Figura 11:** Delimitación del área de estudio.



**Figura 12:** Extracción de submuestra con un muestreador de tubo.



**Figura 13:** Homogeneización y obtención de la muestra representativa por cuarteo.



**Figura 14:** Pesado de la muestra.



**Figura 15:** Muestra representativa en bolsa hermética ziploc.



**Figura 16:** Rotulado de muestra representativa.



**Figura 17:** Georeferenciado con gps.





**Figura 18:** Traslado de las muestras hacia INIA - LABSAF.