UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMIA

T E S I S

Clasificación de los suelos de la Comunidad Campesina de Tapuc, según el grado de fertilidad natural

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach: John Oscar ESTRELLA RUIZ

Bach: Wilmer Alfredo OSORIO TUCTO

Asesor:

Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMIA

T E S I S

Clasificación de los suelos de la Comunidad Campesina de Tapuc, según el grado de fertilidad natural

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS	Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
PRESIDENTE	**MIEMBRO**

MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ
MIEMBRO

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 001-2025/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
ESTRELLA RUIZ, John Oscar
OSORIO TUCTO, Wilmer Alfredo

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Pasco

Tipo de trabajo
Tesis

Clasificación de los suelos de la Comunidad Campesina de Tapuc, según el grado de Fertilidad Natural

Asesor
Dr. LLANOS ZEVALLOS, Manuel

Índice de similitud
13%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 03 de enero de 2025

Firmado digitalmente por HUANES TOVAR Luis Antonio FAU 20154805046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 03.01.2025 17:51:13 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

A Dios eterno y misericordioso, nuestro creador, por sus bendiciones que día a día nos muestra en nuestras vidas.

A nuestros padres, quienes nos ofrecieron una educación firme y cuyas decisiones y sacrificios diarios, a través de su arduo trabajo, han sido esenciales para mi éxito en la vida.

JOHN & WILMER.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean dejar constancia sus sinceros agradecimientos a las siguientes Personas:

- Al Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS, Asesor del presente trabajo de investigación; Por su apoyo constante y decidido en este trabajo desde el inicio hasta la finalización.
- A los miembros del jurado calificador conformado por los siguientes catedráticos: Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS (presidente), Mg. Josué Hernán INGA ORTIZ (Miembro) y Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ (Miembro), Quienes me apoyaron y recomendaron con sus observaciones precisas e importantes en el presente trabajo de Investigación.
- A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, en particular a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, por acogernos durante los cinco años de estudio, permitiéndonos alcanzar nuestras metas y objetivos profesionales.
- Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a los docentes de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, especialmente a los de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y la Escuela de Formación Profesional de Agronomía en Pasco, por su dedicación y enseñanzas que han sido fundamentales en nuestra formación profesional.

RESUMEN

En el presente estudio de investigación “clasificación de los suelos de la comunidad campesina de Tápuc, según el grado de fertilidad natural” se evaluaron parámetros físicos y químicos para determinar la clasificación de suelos según el grado de fertilidad de la comunidad campesina de Tápuc. El muestreo se realizó mediante calicatas a profundidades de 20 cm y 30 cm; se extrajeron muestras de la zona alta, media y baja la cantidad de 10 muestras por cada zona. El objetivo es determinar la clasificación de suelos según el grado de fertilidad cuyo problema identificado se manifiestan la baja producción agropecuaria en los pobladores de la comunidad.

El tipo de la investigación es aplicada, con enfoque cuantitativo, el nivel de investigación de alcance explicativo y diseño experimental. La determinación de los parámetros es estudio se realizaron mediante métodos instrumentales y clásicos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú, cuyos resultados son; los valores de pH, se clasifican en. Zona baja ligeramente ácido, zona medio neutro y zona alta ácido. Las materias orgánicas en las tres zonas son de baja fertilidad, la humedad las tres zonas son muy secos, El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio se encuentra en niveles críticos, lo que evidencia la baja fertilidad natural de las tres zonas de suelos.

Palabras clave: suelo; grado de fertilidad, Comunidad Campesina de Tápuc.

ABSTRACT

In the present research study "Classification of the soils of the peasant community of Tápuc, according to the degree of natural fertility," physical and chemical parameters were evaluated to determine the classification of soils based on the fertility level of the peasant community of Tápuc. The sampling was carried out through test pits at depths of 20 cm and 30 cm; samples were extracted from the upper, middle, and lower zones, with a total of 10 samples from each zone. The objective is to determine the classification of soils according to their level of fertility, as the identified problem is reflected in the low agricultural production among the community's inhabitants.

The type of research is applied, with a quantitative approach, the level of research is explanatory in scope, and the design is experimental. The determination of the parameters in this study was carried out using instrumental and classical methods in the laboratory of the Faculty of Chemical Engineering at the National University of the Center of Peru, whose results are as follows: the pH values are classified into. Low zone slightly acidic, middle zone neutral, and high zone acidic. The organic matter in the three areas is of low fertility, and the humidity in all three zones is very low. The levels of nitrogen, phosphorus, and potassium are at critical levels, which highlights the low natural fertility of the soils in these three areas.

Keywords: soil; degree of fertility, Tápuc Peasant Community.

INTRODUCCION

El suelo es un recurso natural no renovable, su formación y restablecimientoes lento, es un componente necesario para la actividad agrícola, ya que provee de nutrientes, agua y sostén a los cultivos; además, intercede en losciclos del agua, nitrógeno, carbono, fósforo, etc. (**Ferreras *et al.* 2015).**

El deterioro del suelo ocurre por múltiples consecuencias, entre las cuales se encuentra la pérdida de nutrientes, directamente, la que se debe al agua quese filtra hacia las capas más profundas o arrastrado por las escorrentías, o también de forma indirecta, cuando es erosionado por materiales que los pueden fijarlos **(Suquilanda 2008; Rodríguez-Delgado, Pérez-Iglesias y García-Batista 2022).**

Actualmente, la degradación del suelo, manifestada en la disminución de sus recursos naturales y fertilidad, se ve agravada por la implementación de tecnologías agrícolas tradicionales. Las razones económicas y ecológicas que se han derivado de esta problemática han originado la necesidad de búsqueda urgente de alternativas de fertilizantes orgánicos, como residuos de café, cachaza, desechos animales, compost, minerales autóctonos y naturales (roca fosfórica, dolomita, zeolita) los cuales pueden contener nutrientes primarios como el P, K, Mg y S, entre otros (**Muñiz 2015).**

Algunos autores (**Marín 2001; Crespo 2004; Ascanio y Hernández 2005 y Jamoy 2011)** consideran la combinación armónica y racional de las sustanciasorgánicas y fertilizantes químicos como favorecedores de las necesidades de nutrientes del suelo y, por ende, mejoradores estructurales de este.

Los suelos ferralíticos rojos que se desarrollan sobre formaciones de rocas ultrabásicas serpentinizadas, donde los minerales primarios han sufrido una alteración casi total, exhiben un alto contenido de óxidos de hierro (Fe_2O_3), generalmente superior al 30% y en ocasiones alcanzando hasta el 70%. Estos suelos son profundos, presentan baja fertilidad, buen drenaje

interno, alta percolación de agua y una textura muy friable. Además, contienen coloides compuestos principalmente por óxidos de hierro, como se observa en el área estudiada (**Pérez-Jiménez, Hernández-Jiménez y Bosch- Infante 2010).**

Otro aspecto distintivo es la presencia de una estructura compuesta por agregados finos o muy finos, microagregados con formas redondeadas, junto con factores limitantes que incluyen erosión potencial, actual y moderada, un horizonte B compacto y arcilloso en ciertos casos, además de una marcada deficiencia de fósforo, potasio y calcio en suelos no saturados, y de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos saturados.

Los indicadores físicos, químicos, bioquímicos y biológicos determinan la calidad del suelo con propósitos agrícolas, la mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica (MO) es un indicador queindudablemente posee la influencia más significativa sobre la calidad del suelo, su productividad y sostenibilidad agronómica (**Sánchez 2011).**

INDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE GRÁFICOS

INDICE DE IMÁGENES

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema....1

1.2. Delimitación de la investigación. 2

1.3. Formulación del problema 3

1.3.1. Problema general....3

1.3.2. Problemas específicos 3

1.4. Formulación de objetivos....3

1.4.1. Objetivo general. 3

1.4.2. Objetivos específicos. 3

1.5. Justificación de la investigación 4

1.6. Limitaciones de la investigación 4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio 6

2.2. Bases teóricas - científicas 14

2.3. Definición de términos básicos 28

2.4. Formulación de hipótesis 32

2.4.1. Hipótesis general 32

2.4.2. Hipótesis específicas 32

2.5. Identificación de variables 32

2.6. Definición operacional de variables e indicadores 33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación 34
3.2. Nivel de investigación 34
3.3. Métodos de investigación 35
3.4. Diseño de investigación 35
3.5. Población y muestra 35
3.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos 42
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación 44
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de patos 45
3.9. Tratamiento estadístico 45
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica 46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo 47
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados 51
4.3. Prueba de hipótesis 60
4.4. Discusión de resultados 60

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenidos óptimos de Ca2+, Mg2+, K+ de acuerdo al CIC 23

Tabla 2 Operacionalización de las variable 33

Tabla 3 Resultados del muestreo de las zonas altas, medio y baja. 37

Tabla 4 Resultados del análisis de humedad de las zonas alta, medio y baja. 40

Tabla 5 Resultados del análisis de la zona baja: textura, M.O, Hd y pH. 52

Tabla 6 Resultados del análisis de la zona baja: color, conductividad., CIC, Nt, P, K 53

Tabla 7 Resultados del análisis de la zona medio: textura, M.O, Hd y pH. 54

Tabla 8 Resultados del análisis de la zona media: color, cond., CIC, N, P, K 55

Tabla 9 Resultados del análisis de la zona alta: textura, M.O, Hd y pH. 57

Tabla 10 Resultados del análisis de la zona alta: color, cond., CIC, N, P, K 58

Tabla 11 Resultados del análisis de parámetros físico químicos 59

Tabla 12 Grupos texturales 60

Tabla 13 Clasificación de la Capacidad de Intercambio catiónico de los suelos 62

Tabla 14 Clasificación de la Capacidad de Intercambio catiónico de los suelos 62

Tabla 15 Calificación del pH del suelo 63

Tabla 16 Interpretación de análisis de nitrógeno total 65

Tabla 17 Clasificación del contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio 65

Tabla 18 Clasificación según contenido de nitrógeno, fósforo y potasio 66

Tabla 19 Resumen de los parámetros físico y químico del estudio de suelos 67

Tabla 20 Parámetros de la fertilidad del suelo 68

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resultados del análisis de la zona baja: textura, M.O, Hd y pH.....52

Gráfico 2 Resultados del análisis de la zona baja: color, conductividad, CIC, Nt, P, K 54

Gráfico 3 Resultados del análisis de la zona medio: textura, M.O, Hd y pH. 55

Gráfico 4 Resultados del análisis de la zona media: color, cond., CIC, N, P, K 56

Gráfico 5 Resultados del análisis de la zona alta: textura, M.O, Hd y pH.....57

Gráfico 6 Resultados del análisis de la zona alta: color, cond., CIC, N, P, K 59

Gráfico 7 Resultados del análisis de parámetros físico químicos.....59

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 mapa del Perú y sus departamentos 48

Imagen 2 Mapa de las provincias de la Región Pasco 49

Imagen 3 Provincia de Daniel Alcides Carrión y sus Distritos.....49

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

1.1.1 Identificación del problema

Desde los inicios de su existencia, el ser humano ha aprovechado los recursos naturales y los ecosistemas frágiles que la naturaleza proporciona de manera espontánea. Entre estos recursos, posiblemente el suelo sea el más significativo para el hombre andino, ya que sostiene y alimenta la vida. Así como sustenta a todos los seres vivientes **(Conde & Riballo, 2010).**

A nivel de la Comunidad Campesina de Tápuc no existe estudios de clasificación de suelos de uso según su fertilidad en el ordenamiento territorial de ninguna de las instituciones públicas o privadas por ese motivo hacen uso individual de las tierras; explotando de manera inapropiada esto debido a que no tienen conocimiento los habitantes de la comunidad sobre la clasificación de suelos **(Cruz *et al.*, 1998).**

Por este hecho se manifiestan la baja producción agropecuaria en las unidades de producción; por lo tanto, es importante realizar el estudio sobre la clasificación de

suelos planteando la solución a los múltiples problemas relativos al uso inadecuado del suelo **(López 2002).**

Desconocimiento de la fertilidad natural de los suelos de la comunidad campesina de Tápuc, lo cual dificulta que los agricultores incorporen en los cultivos los abonos y fertilizantes de acuerdo a las necesidades de los cultivos, además repercute en la fertilización al azar, por ende, obteniendo rendimientos bajos con productos y de baja calidad **(Fajardo 2017).**

El manejo actual de los cultivos y pastos naturales que se realiza son deficientes, ya que existe sobre pastoreo y una agricultura de monocultivo, no habiendo una buena conservación de suelos como una buena rotación de cultivos **(Demanet 2020).**

La productividad de un suelo no sólo depende de los contenidos nutrimentales sino también de las características físicas del mismo, ya que como es bien conocido, el desarrollo de la parte aérea dependerá del desarrollo de la raíz**. (INTAGRI, 2017).**

MINAGRI (2009) reporta, que la fertilidad del suelo es concerniente al contenido de elementos nutricionales (macronutrientes) tales como: la materia orgánica (nitrógeno), el fósforo y el potasio de la capa superficial del suelo. Su valor alto, medio o bajo se establece empleando la ley del mínimo. Esta depende, de la dinámica física, química y biológica establecida naturalmente alrededor de la rizósfera en un ecosistema edáfico. (**Paz, 2018).**

1.2. Delimitación de la investigación.

1.2.1. Delimitación espacial.

Este trabajo de investigación se realizó en la Comunidad Campesina de Tápuc, dentro de los terrenos del distrito de Tápuc, a 30 km de la ciudad de Cerro de Pasco, al margen derecha del río Chaupihuaranga de la provincia de Daniel Alcides Carrión.

1.2.2. Delimitación social.

Este trabajo de investigación estuvo a cargo de dos tesistas asesorado por un docente de la UNDAC, quienes han seguido todo el proceso de la investigación.

1.2.3. Delimitación temporal.

El proceso de ejecución de la investigación se realizó en los meses de enero a marzo del 2024.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles serán los grados de fertilidad de los suelos de la comunidad Campesina de Tápuc?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuáles serán las características físicas y químicas de los suelos de la comunidad Campesina de Tápuc?

¿Cómo se clasificarán los suelos de la comunidad Campesina de Tápuc, según su grado de fertilidad?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Determinar la clasificación de suelos según el grado de fertilidad de la comunidad campesina de Tápuc.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Evaluar las características físico-químicas de los suelos de la comunidad de Tápuc.
- Clasificar los suelos de acuerdo a su grado de fertilidad.

1.5. Justificación de la investigación

La implementación de este proyecto facilitará la evaluación de los niveles de fertilidad natural de los suelos en la comunidad campesina de Tápuc, situada en el distrito de Tápuc, provincia de Daniel Alcides Carrión, en la región Pasco.

La fertilidad de los suelos es muy importante para la preservación de los seres vivos y de nuestras futuras generaciones, con este estudio se propone conocer los niveles de fertilidad natural y si estos fueron absorbidos por la sobre explotación agrícola, con ello, se podrá implementar un plan de cultivos adecuado que permita aprovechar el recurso suelo conforme a sus características y potencialidades, previniendo su deterioro y degradación. Este enfoque también contribuirá a incrementar la productividad de la tierra, lo que resultará en una mayor rentabilidad para los cultivos. Además, estas acciones serán fundamentales para orientar de manera más técnica y científica las investigaciones realizadas en estos suelos. Este proyecto beneficiará directamente a los agricultores del Distrito de Tápuc y, posteriormente, a toda la provincia de Daniel Alcides Carrión, extendiendo su impacto a la región de Pasco, donde la actividad agrícola representa una de las principales actividades económicas.

1.6. Limitaciones de la investigación

Existen las limitaciones en el desarrollo del presente trabajo de investigación por la falta de vías de comunicación, los medios de transporte son contados y los días que salen son conocidos, así como la lejanía que se encuentra de la ciudad de Cerro de Pasco. Pocos pobladores de la zona se dedican a la agricultura por el friaje y las pocas precipitaciones, principalmente, se dedican a la ganadería, lo cual, debido a las condiciones del uso del suelo, el sobrepastoreo, los riesgos de erosión y el drenaje, provoca un uso inadecuado de los recursos naturales que la naturaleza ofrece de manera

espontánea. Esto contribuye al deterioro de estos recursos, debido a la explotación incorrecta del suelo en la Comunidad Campesina de Tápuc. Actualmente, esto se debe, entre otros factores, a la falta de estudios previos. La Comunidad posee vastas extensiones de tierra que podrían ser aprovechadas de acuerdo con sus características edáficas, ecológicas, topográficas y su condición de paisaje funcional.

La Comunidad Campesina de Tápuc su capital es el pueblo de Tápuc ubica en el Distrito de Tápuc, Provincia de Daniel Alcides Carrión en el departamento de Pasco, bajo la administración del Gobierno Regional de Pasco. Es una comunidad de carácter agrícola y ganadera, estas dos actividades económicas son de carácter extensivo, en la mayor parte los cultivos lo realizan sin uso de agroquímicos para la fertilización de sus cultivos por sus escasos recursos económicos de los agricultores la baja fertilidad de los suelos a esto se debe la baja productividad agrícola, ausencia de riego solo cultivan en épocas de invierno con aguas de las lluvias; el trabajo de investigación ha sido desarrollada en 3 etapas: a) La primera etapa preliminar donde se realizó un diagnostico situacional, recaudación de información y documentación b) la segunda etapa de campo se realizó la ubicación de los puntos de muestreo, luego preparación de calicatas y extracción de 30 muestras y c) tercera etapa de gabinete y laboratorio, donde se obtuvo los planos y mapas de la zona así como el análisis de los parámetros físicos y químicos para determinar la calidad de los suelos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes locales.

Reyes et al., (2023) realizo la caracterización química de suelos de uso agrícola en una unidad de producción agroalimentaria de Moa. Se realizó un análisis químico de los suelos destinados a uso agrícola en la Unidad Básica de Producción (UBP) agroalimentaria "Los Pinos", ubicada en la localidad de Centeno, municipio de Moa. El muestreo se efectuó a profundidades de 20 cm y 40 cm, obteniendo cuatro muestras mediante la mezcla de 15 submuestras recolectadas en zigzag en cada área de cultivo. Se determinó el pH mediante el método electrométrico y se analizó el contenido de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+} y N^{+} mediante espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados revelaron que los suelos de esta unidad presentan acidez y que un exceso de Mg altera las relaciones Ca/Mg y K/Mg, llevándolas a niveles inferiores al mínimo aceptable. Además, los elementos principales (Ca^{2+}, K^{+}, Na^{+} y N^{+}) se clasificaron como muy deficientes, mientras que los elementos secundarios superaron los valores permitidos, lo que impacta negativamente en el desarrollo adecuado de las plantas. En

respuesta, se propone implementar un plan de medidas para mejorar la baja fertilidad natural de estos suelos.

Vistoso & Martínez (2022), en su artículo Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria, consideran que cada suelo es único y está compuesto por diferentes elementos y componentes como minerales, materia orgánica, microorganismos, agua y aire, estos elementos confieren características distintivas que influyen en el desarrollo de las plantas, las necesidades de fertilización, la reacción de los suelos frente al manejo, el potencial de uso del terreno, así como en la pérdida de nutrientes, la lixiviación y la erosión del suelo.

León et al., (2023*),* evaluaron las propiedades físicas y componentes de la fertilidad del suelo en la Finca Maripa, Cumanayagua, Cienfuegos. El propósito de este estudio fue realizar un análisis integral de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en la Finca Familiar Maripa. Para ello, se identificaron y evaluaron los diferentes campos (tratamientos) bajo un diseño experimental de Bloques Completos al Azar, que incluyó nueve tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un ANOVA de clasificación simple. A pesar de las posibles diferencias estadísticas entre los tratamientos, los suelos evaluados mostraron características similares. Las observaciones revelaron que los suelos eran no plásticos, erosionados, con un alto contenido de arena, excelente permeabilidad, pero con un mal factor estructural y estabilidad de los agregados, baja porosidad, peso específico mayormente medio y alta densidad aparente, lo que indica una notable compactación. Además, el pH varió entre ligeramente ácido y moderadamente ácido, con niveles muy bajos de materia orgánica, reserva de carbono y fósforo asimilable. Se concluye que los suelos de la finca presentan un significativo

deterioro en sus principales propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual podría comprometer su fertilidad.

2.1.2. Antecedentes regionales

Pariona (2023), en la investigación titulada "Niveles de fertilidad e indicadores P-E-R en la sustentabilidad agroambiental de los suelos agrícolas en el Distrito de Chupaca" se llevó a cabo con el objetivo de determinar los niveles de fertilidad y los indicadores Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) en la sustentabilidad agroambiental de los suelos agrícolas de esta localidad durante el año 2020. El estudio identificó los indicadores que ejercen presión sobre el estado actual de los suelos y las acciones de respuesta que las instituciones deben implementar para preservar su fertilidad y sostenibilidad.

La metodología empleada incluyó el método científico, con un enfoque cuantitativo y deductivo, diseño no experimental de corte transversal, de tipo aplicado, y nivel descriptivo-explicativo. Para clasificar los suelos según su fertilidad, se utilizó el sistema Capacidad-Fertilidad en 27 series de suelos. Se recolectaron muestras a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm) que fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía. Además, se aplicaron encuestas a 278 agricultores.

Los resultados de la clasificación mostraron que 832 hectáreas correspondían a suelos fértiles (tres series: Ch, Cm/B y Az), 1267 hectáreas a suelos medianamente fértiles (20 series: M/D, M/E, Ha-pe-ca/g-D, Ha-pe-ca, Ha-pe/D, entre otras), y 92 hectáreas a suelos de baja fertilidad (cuatro series: Ma-s, Ma-s/B, Ha-pe-ca/B y Ha).

En términos de sustentabilidad agroambiental, los indicadores de presión alcanzaron un promedio de 0,72 (casi sustentable), los indicadores de estado 0,59 (sustentabilidad intermedia), y los indicadores de respuesta 0,67 (casi sustentable). Según la prueba de Chi-Cuadrado, se encontró significancia estadística ($p < 0.05$) entre

suelos fértiles y los indicadores de presión, así como entre suelos fértiles y medianamente fértiles con los indicadores de estado y respuesta. En cambio, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los suelos de baja fertilidad y los indicadores de estado y respuesta en relación con la sustentabilidad agroambiental de los suelos agrícolas en el distrito de Chupaca.

2.1.3. Antecedentes nacionales

Durand et al. (2023), en su investigación, se analizaron las características físicas y químicas del suelo en el botadero Cancharani, Puno. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: una temperatura de 16,1°C, un pH promedio de 7, indicando un suelo de naturaleza neutra; una conductividad eléctrica promedio de 278 µS/cm; y los niveles promedio de nutrientes esenciales: magnesio (Mg) 1,2 ppm, nitrógeno (N) 84,4 ppm, fósforo (P) 71,6 ppm y potasio (K) 32,4 ppm. Además, se registró un contenido promedio de materia orgánica de 0,52%.

Ojeda (2021), en el estudio titulado "Metales pesados y fertilidad de los suelos de la irrigación Canal N, Puno, Perú", se obtuvieron los siguientes resultados: las concentraciones de mercurio, de 259 y 249 mg/kg, superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en 6,6 mg/kg según el D.S. N° 011-2017-MINAM. Las características analizadas se clasificaron como sigue: suelos con textura arcillosa y composición rica en arcilla, presencia de materia orgánica, nitrógeno total, bajo contenido de carbonatos, pH moderadamente alcalino en suelos irrigados y pastizales naturales, mientras que los suelos secos de avena presentaron un pH ligeramente ácido. También se identificaron niveles de conductividad eléctrica sensorial. Según el método de Olson, los suelos destinados a cultivos perennes irrigados mostraron alto contenido de fósforo, potasio y calcio, magnesio en niveles moderados, sodio dentro de rangos normales y una elevada capacidad de intercambio catiónico. Los medios de cultivo

anuales de regadío y secano presentaron resultados similares. En conclusión, los niveles de mercurio exceden los valores permitidos por los ECA en suelos con fertilidad moderada, representando un riesgo ambiental y sanitario. Además, los productores locales atribuyen esta contaminación a las actividades mineras que afectan tanto los recursos hídricos como los suelos.

Chaparro & Najera (2022), en su investigación de Caracterización de las propiedades físicas, químicas y rango de NPK. Región Pasco. Identificaron que las categorías texturales del suelo estaban compuestas por un 70% de arcilla y un 30% de limo. El análisis químico reveló que el suelo presentaba una reacción que variaba de ligeramente ácida a neutra (pH). El contenido de materia orgánica fluctuaba entre niveles medios y altos, con valores del 95% al 5%. En cuanto al contenido de nitrógeno total, se registraron niveles bajos, medios y altos, con proporciones de 60%, 35% y 5%, respectivamente. El fósforo disponible se clasificó en cuatro grupos: muy bajo, bajo, medio y alto, mientras que el potasio disponible se dividió según la conductividad en baja, media y alta, en su mayoría sin sal, con carbonato de calcio (CaCO3) en condiciones normales. La capacidad de intercambio catiónico fue alta y media, con rangos de NPK: bajo (93-107 kg/ha), medio (124-155 kg/ha) y alto (193 kg/ha). El contenido de fósforo disponible se distribuyó en proporciones de 60%, 35% y 5%, con valores de muy bajo (1-9 kg/ha), bajo (18-23 kg/ha), medio (55-64 kg/ha) y alto (78-115 kg/ha). Finalmente, el contenido de potasio varió entre bajo (238 kg/ha), medio (456-492 kg/ha) y alto (715-1003 kg/ha).

Pinedo (2020), en su investigación "Determinación de la fertilidad de los suelos agrícolas en los centros poblados de Nuevo Celendín y Tarapotillo, 2019" concluye en la identificación de la incidencia de los parámetros químicos dentro de la fertilidad de los suelos agrícolas es significativa, pues estos valores permitieron conocer las

características químicas que los suelos presentan tanto en el centro poblado de Nuevo Celendín.

S**ifu*entes (2020)***, *Diag*nostico de la fertilidad de los suelos agrícolas del distrito de pueblo libre, Huaylas - Ancash – 2020. La investigación se llevó a cabo en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas - Ancash, con el propósito de evaluar la fertilidad de los suelos agrícolas en un área total de 4648.71 hectáreas. Se trata de un estudio aplicado, de nivel descriptivo y con un diseño no experimental transversal, enfocado en abordar los problemas de fertilidad mediante el análisis de las características físicas y químicas de las muestras de suelo recolectadas en distintos sectores.

Los resultados indican que en el sector bajo los suelos tienen textura franco arcillosa, pH ligeramente alcalino (4.18 a 7.749), contenido de materia orgánica (MO) medio (2 a 4 %), fósforo (P) alto (> 14 ppm) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) alta (12 a 20 meq/100g). En el sector medio, los suelos presentan textura franca, pH moderadamente ácido (5.58 a 6.28), MO baja (< 2 %), fósforo (P) alto y CIC de nivel medio (8 a 12 meq/100g). Por su parte, el sector alto cuenta con suelos de textura franco arenoso arcillosa, pH moderadamente ácido, MO baja, fósforo (P) medio (7 a 14 ppm) y CIC medio.

En los tres sectores, el potasio (K) se encuentra en niveles bajos (< 100 ppm), el nitrógeno total (Nt) es medio (0.096 a 0.126 %), la porosidad es baja (< 2.4 g/cm³), y la conductividad eléctrica (CE) es baja (< 0.2 ds/m), lo que indica ausencia de salinidad. Los iones solubles predominantes son cloruros (Cl-), sulfatos (SO4=) y carbonatos (CO3=), los cuales son prácticamente nulos.

Con base en el diagnóstico de fertilidad natural, se identificaron dos categorías: nivel medio, que comprende 271.87 ha (5.8 % del área total), y nivel bajo, que abarca 4376.85 ha (94.2 % del área total), siendo esta última la predominante.

Rojas (2019), realizo la clasificación de suelos de uso mayor en el ordenamiento territorial de la Comunidad Campesina De Silco – Antabamba – Apurimac, con la finalidad de clasificar los suelos de uso mayor para ordenar las unidades territoriales; dará su mejor aprovechamiento racional del uso de suelos de la comunidad campesina de Silco Antabamba – Apurímac; El método de investigación es descriptivo no experimental; se ejecuta en tres etapas: Etapa de precampo, Etapa de campo y Etapa de procesamiento. La investigación ha permitido organizar el territorio comunal de la comunidad campesina de Silco mediante la clasificación de suelos según su uso principal (CUM). El área se distribuye de la siguiente manera: tierras aptas para cultivo en limpio (a), 536,97 hectáreas; tierras aptas para cultivo permanente (c), 108,13 hectáreas; tierras adecuadas para pastoreo (p), 5 152,82 hectáreas; tierras destinadas a uso forestal (f), 80,52 hectáreas; y tierras de protección (x), 2 570,715 hectáreas. En total, el territorio comunal abarca 8 449,15 hectáreas.

Chaparro & Najera, (2022), Caracterización de las propiedades físicas, químicas y rango de NPK para establecer el nivel de fertilidad de los suelos agrícolas de la Comunidad Campesina de Chacayan – Provincia Daniel Alcides Carrión – Región Pasco. El estudio se llevó a cabo en suelos agrícolas de la Comunidad Campesina de Chacayán, ubicada en la Región Pasco, a altitudes entre 3443 y 3645 msnm, con coordenadas UTM comprendidas entre 8841732 N y 0343073 S hasta 8843570 N y 0342984 S. Se establecieron siete sitios de muestreo en un área de 100 hectáreas, de donde se obtuvieron 20 muestras de suelo. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas, determinándose los rangos de NPK y los niveles de fertilidad. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Danoso.

En el análisis físico, se identificaron dos clases texturales: franco y franco limoso, en proporciones de 70 % y 30 %, respectivamente. El análisis químico mostró que el pH del suelo varía entre ligeramente ácido y neutro. El contenido de materia orgánica se clasificó como medio y alto, representando el 95 % y 5 %, respectivamente. El nitrógeno total se clasificó en niveles bajos (60 %), moderados (35 %) y altos (5 %). El fósforo disponible se dividió en cuatro categorías: muy bajo, bajo, moderado y alto. El potasio disponible se clasificó en niveles bajos, medios y altos. La conductividad eléctrica indicó suelos no salinos, mientras que el carbonato de calcio (CaCO3) se mantuvo en condiciones normales. La capacidad de intercambio catiónico presentó valores altos y moderados.

Los rangos de NPK se clasificaron en: bajo (93 a 107 kg/ha), medio (124 a 155 kg/ha) y alto (193 kg/ha), con proporciones del 60 %, 35 % y 5 %, respectivamente. El fósforo disponible varió entre muy bajo (1 a 9 kg/ha), bajo (18 a 23 kg/ha), medio (55 a 64 kg/ha) y alto (78 a 115 kg/ha). El potasio disponible se clasificó en bajo (238 kg/ha), medio (456 a 492 kg/ha) y alto (715 a 1003 kg/ha).

Reategui & Shapiama (2023), Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto**.** El objetivo de la investigación fue mejorar la fertilidad de los suelos en los cultivos de arroz mediante el uso de Biochar elaborado a partir de residuos orgánicos en Tarapoto, Región San Martín. La investigación fue de tipo aplicada y empleó un diseño cuasi experimental. Los resultados de las características iniciales del suelo fueron los siguientes: un 48.56 % de arena, 33.25 % de arcilla, 18.19 % de limo, porosidad de 2.22 g/cm3, humedad de 42%, nitrógeno de 0.1 %, 6.12 ppm de fósforo, 112.23 ppm de potasio, 5.24 meq/100g de calcio, pH 5.15, CIC 7.24, materia orgánica de 2.15 % y los parámetros biológicos como hormigas, lombrices, grillos y arañas. Las dosis usadas en el

tratamiento fueron de 200 y 250 gr/kg de suelo. Logrando mejorar la fertilidad del suelo en el tratamiento T3 la materia orgánica con 4.4300 %, conductividad eléctrica con 99.333 µS/cm, pH con 7.2333, nitrógeno 0.1278%, fósforo con 14.5667 y potasio con 245.6833 ppm. Se concluyó que las características fisicoquímicas y biológicas del suelo con 250 gr de biochar en T3 de cáscara de cacao tuvieron los mejores valores demostrando mejorar la fertilidad del mismo.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Suelo

Significado.

INIA Tacuarembó, (2015) El suelo es la capa externa de la Tierra y constituye el entorno donde crecen las plantas. Proporciona los nutrientes esenciales para su desarrollo y retiene agua de lluvia, liberándola a las plantas conforme lo requieren. Además, en el suelo las raíces obtienen el aire necesario para su supervivencia.

El suelo se extiende tanto horizontal como verticalmente y está compuesto por diferentes capas denominadas horizontes, que se disponen de manera casi paralela a la superficie. Cada horizonte tiene características físicas y químicas propias, lo que influye en su apariencia. El conjunto de estos horizontes forma lo que se conoce como el perfil del suelo, el cual puede observarse en cortes de caminos o barrancos.

Horizonte B: capa más arcillosa, menos fértil y con menos raíces.

Horizonte C: capa más profunda. Prácticamente sin raíces.

Miralles (2006), el suelo es un componente crítico de la biosfera no renovable a escala humana. La salud de los recursos de suelo y una correcta gestión de los mismos es vital, no solo para el correcto funcionamiento de los ecosistemas, sino también para que los suelos desempeñen sus múltiples funciones en la mejora de la productividad biológica, soporte para el crecimiento de la cobertura vegetal, regulación y

almacenamiento del flujo hídrico en el medio ambiente, atenuación de los efectos nocivos de contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos, e incluso la mejora de la salud humana y los usos recreativos y estéticos de los paisajes **(Glanz, 1995**; **Sojka and Upchcrch, 1999; Singer and Sojka, 2001).**

2.2.2. Composición del suelo.

Según INIA Tacuarembó, (2015), El suelo está compuesto por cuatro elementos principales: Materia mineral, Materia orgánica, Agua y Aire. La materia mineral es el componente predominante en el suelo, formada por partículas de diferentes tamaños, desde pequeñas piedras hasta partículas tan finas como la arcilla, que no son visibles ni con un microscopio común. Esta materia mineral se clasifica en tres fracciones según su tamaño: arena (de 2 a 0.05 mm), limo (de 0.05 a 0.002 mm) y arcilla (menor a 0.002 mm). Por otro lado, la materia orgánica, también conocida como humus, se genera a partir de restos animales y vegetales. Es crucial para la fertilidad del suelo, ya que los microorganismos presentes en él descomponen esta materia y liberan nutrientes esenciales para las plantas. Además, la materia orgánica contribuye al color oscuro característico del suelo.

Por otro lado, **Corcuera (2016),** refiere que el suelo es el resultado de la acción de meteorización por medio de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos sobre la roca madre. El suelo es un sistema abierto y dinámico compuesto por tres fases: la fase sólida, que está formada por elementos inorgánicos y orgánicos, creando espacios donde se encuentra el aire; la fase gaseosa, cuya composición es diferente a la del aire atmosférico; y la fase líquida, que corresponde al agua retenida en esos espacios. La fase sólida se compone en su mayoría por un 95% de materia inorgánica y un 5% de materia orgánica. Esta última está constituida por los restos de plantas en distintos estados de descomposición, los cuales sirven como alimento para

microorganismos y también contribuyen a la meteorización de los minerales. En los componentes activos de la fracción orgánica se incluyen polisacáridos, amino azúcares, nucleótidos y compuestos orgánicos de fósforo (como ésteres de fosfatos, fosfatos de inositol, fosfolípidos, etc.). La fracción inorgánica está formada por coloides resultantes de la meteorización de la roca madre, los cuales actúan como depósitos de nutrientes para las plantas. Los elementos más abundantes en la corteza terrestre, como oxígeno, sílice, aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio y magnesio, constituyen los minerales más comunes del suelo. El agua del suelo, que forma parte del sistema tridimensional sólido-líquido-gaseoso, es crucial para el transporte de nutrientes disueltos desde las partículas sólidas hacia las raíces. Esta agua está fuertemente vinculada a las pequeñas partículas sólidas del suelo a través de capilares y poros que crean fuerzas de capilaridad y son afectadas por la gravedad. A la solución de agua que contiene materia disuelta, derivada de procesos químicos y biológicos en el suelo, se le denomina solución del suelo. La mayoría de los solutos presentes en esta solución, tales como cationes (H+, Ca2+, Mg2+, K+, Na+, Fe2+, Al3+) y aniones (HCO3-, CO3 2-, SO4 2-, Cl-, F-), se encuentran en forma de sales. En las interacciones entre las fases sólida y líquida, como la adsorción e intercambio iónico, se llevan a cabo procesos fundamentales para la nutrición de las plantas.

2.2.3. Propiedades físicas del suelo

La estructura del suelo se refiere a cómo las partículas texturales como arena, limo y arcilla se agrupan para formar agregados, que se organizan en unidades más grandes llamadas peds. Esta estructura influye directamente en la aireación, el desplazamiento del agua en el suelo, la conducción del calor, el desarrollo de las raíces y la resistencia a la erosión. El agua es el factor más relevante en la estructura del suelo, ya que influye en la disolución y precipitación de minerales, así como en el crecimiento

de las plantas. http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/

Profundidad del suelo: La definición original de "solum" se refería a la capa superficial del suelo (horizonte A) y el subsuelo (horizontes E y B). El horizonte C se consideraba como estratos con una formación edafogénetica mínima. Así, la profundidad efectiva del suelo se entendía como el grosor de esta capa. No obstante, la presencia de raíces y la actividad biológica, que suelen estar presentes en el horizonte C, destacan la relevancia de incluir este horizonte en la definición de la profundidad del suelo. En la práctica, los estudios de suelos emplean límites de profundidad arbitrarios, comúnmente de 200 cm. http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/

Disponibilidad del agua en el suelo*:* Cuando un campo está encharcado, el aire presente en el suelo es desplazado por el agua. La Capacidad de Campo (CC) se refiere a la cantidad de agua que el suelo puede retener después de ser saturado y dejado drenar libremente, evitando la evapotranspiración, hasta que el potencial hídrico se estabilice (lo que ocurre entre 24 y 48 horas tras una lluvia o riego). El agua que ocupa los poros más grandes (macroporos) se desplaza hacia las capas inferiores debido a la fuerza de la gravedad. Por otro lado, los poros más pequeños (microporos) se llenan de agua, mientras que los más grandes contienen tanto aire como agua. El punto de Capacidad de Campo se corresponde con una succión de 1/3 de bar. Las plantas necesitan generar una succión de hasta 15 bares como máximo. Al alcanzar los 15 bares, la cantidad de agua en el suelo se define por el punto de marchitez permanente (PMP), en el cual las plantas pierden la capacidad de succionar agua y continúan perdiéndola a través de la transpiración. Esto provoca la pérdida de turgencia en las plantas, resultando en su marchitez. Gráficamente, la diferencia entre la Capacidad de Campo y el Punto de

Marchitez Permanente representa el agua disponible para el cultivo, ya sea en milímetros o como un porcentaje. La textura del suelo influye en la cantidad de agua que puede ser retenida en el suelo hasta el punto de capacidad de campo y la cantidad de agua disponible para las plantas. La humedad del suelo disponible puede ser determinada en el laboratorio. http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/

2.2.4. Textura del suelo

Ronald Vargas (2009). En guía para la descripción de suelos, la textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula (o separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado y se describe como una clase textural de suelo. Los nombres para las clases de tamaño de partícula corresponden estrechamente con la terminología estándar comúnmente utilizada, incluida aquella del sistema utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Sin embargo, muchos sistemas nacionales que describen el tamaño de las partículas y las clases texturales usan más o menos los mismos nombres pero diferentes fracciones de grano de arena, limo y arcilla, y clases texturales. Esta publicación utiliza el sistema 2000-63-2-µm para las fracciones del tamaño de partícula.

En adición a la clase textural, se da un estimado en campo del porcentaje de arcilla. Este estimado es útil para indicar el incremento y decremento en contenido de arcilla dentro de las clases texturales y para comparar estimaciones de campo con los resultados analíticos. La relación entre las clases texturales básicas y los porcentajes de arcilla, limo y arena se indican en una forma triangular. ***Ronald Vargas (2009),*** Las texturas arenosas, areno francosas y franco arenosas se subdividen de acuerdo con las proporciones de arena muy gruesa a gruesa, media, fina y muy fina en la fracción arena. Las proporciones son

calculadas de la distribución del tamaño de las partículas, tomando el total de la fracción de arena como el 100 por ciento.

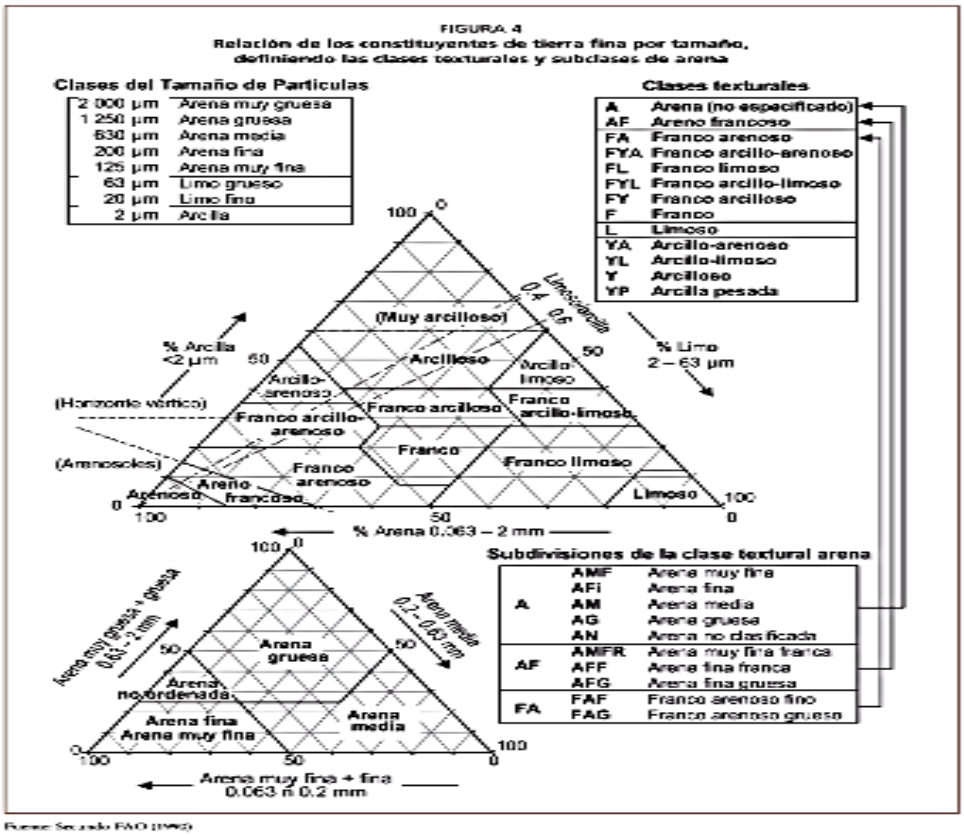
La clase textural puede ser estimada en campo a través de pruebas simples y sintiendo los constituyentes del suelo para esto, la muestra de suelo debe estar en un estado húmedo a débilmente mojado. Se deben remover las gravas u otros constituyentes > 2 mm..

Los constituyentes tienen la siguiente sensación:

Arcilla: se adhiere a los dedos, es cohesivo (pegajoso), es moldeable, tiene una alta plasticidad y tiene una superficie brillosa luego de apretar entre los dedos.

Limo: se adhiere a los dedos, no es pegajoso, es débilmente moldeable, tiene una superficie áspera y rasposa luego de apretarlo entre los dedos y una sensación harinosa (como el polvo del talco).

Arena: no se puede moldear, no se adhiere a los dedos y se siente muy granuloso.



Ronald Vargas (2009). Guía para la descripción de suelos

2.2.5. Color del suelo

El color del suelo refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de fierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental.

El color de la matriz del suelo de cada horizonte se debe registrar en condiciones de humedad (o en ambas condiciones, seco y húmedo cuando fuera posible) usando las notaciones para matiz, valor y croma como se da en la Carta o en Tabla de Colores de Suelo Munsell (Munsell, 1975). El matiz, es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta); el valor, es la claridad u oscuridad de los rangos de color de 1 (oscuro) a 8 (claro); y el croma, es la pureza o fuerza del rango de color desde 1 (pálido) a 8 (brillante). Cuando no haya un color de suelo matriz dominante, el horizonte se describe como moteado y se dan dos o más colores. En adición a las notaciones de color, se pueden dar los nombres de colores estándar **Munsell.** ***Ronald Vargas (2009).***

Cuando sea posible, el color del suelo se debe determinar bajo condiciones uniformes. Las lecturas realizadas temprano en la mañana y al anochecer no son exactas. Es más, la determinación del color por el mismo o diferente individuo a menudo puede ser inconsistente. Ya que el color del suelo es importante con respecto a muchas propiedades del suelo, incluido los contenidos de materia orgánica, el "barniz" o revestimiento y el estado de oxidación o reducción, y para la clasificación del suelo, se recomiendan las revisiones cruzadas y debe estar establecido en una base de rutina. ***Ronald Vargas (2009).***

2.2.6. Propiedades químicas del suelo

La determinación de las propiedades químicas de los suelos implica el análisis de su composición característica y las reacciones químicas que ocurren en ellos. La mayoría de los estudios se han enfocado en la dinámica de los nutrientes y la fertilidad del suelo. Las propiedades químicas están estrechamente vinculadas con el uso y manejo de los suelos, y son fundamentales para lograr una producción sostenible. En particular, son de gran importancia las características que afectan la retención de nutrientes por los coloides del suelo, la solubilidad de dichos nutrientes y las formas iónicas en que estos se encuentran, ya que esto influye en su disponibilidad para las plantas. Las principales características físico-químicas son: el intercambio iónico, el pH y el potencial Redox. **(Garavito 2012, Gonzales, 2014)**

El potencial de hidrógeno (pH) del suelo refleja la actividad de los iones de hidrógeno en su solución. Este factor influye en la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas y en diversos procesos del suelo. La medición del pH del suelo en campo no debe reemplazar su determinación en el laboratorio. Siempre que sea posible, las mediciones realizadas en campo deben correlacionarse con los resultados obtenidos en el laboratorio (***Ronald Vargas, 2009)***.

En el campo, el pH del suelo se puede determinar utilizando diferentes métodos. Uno de ellos es el uso de indicadores de papel (método colorimétrico), otros emplean indicadores líquidos, como el de Hellinge, o bien se puede utilizar un pHmetro portátil. Para ello, se prepara una suspensión de suelo mezclando una parte de suelo con 2.5 partes de una solución de KCl o CaCl2. La mezcla debe agitarse y dejarse reposar durante 15 minutos, después de lo cual se procede a leer el valor del pH.

La acidez en los suelos los afecta en la reducción del crecimiento de las plantas, disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como Ca, Mg, K y P, favorece

la solubilización de elementos tóxicos para las plantas como el Al y Mn. (**Gonzales, 2014**).

***Fosforo Disponible**:* El fósforo, uno de los tres nutrientes principales (N-P-K), generalmente es necesario en menores cantidades para las plantas. Sin embargo, su estudio ha cobrado gran relevancia debido a la baja disponibilidad de este elemento en la mayoría de los suelos agrícolas del mundo, no solo por su bajo contenido total, sino también por las diversas reacciones que ocurren en el suelo, que lo transforman en formas no asimilables. El fósforo desempeña un papel crucial en la vida de las plantas, ya que es un componente esencial de ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas y fosfolípidos. Además, es indispensable en procesos relacionados con la transformación de energía. Su función es clave en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y la transferencia de energía, así como en la división y crecimiento celular, entre otros procesos vitales para la planta. Este elemento favorece la rápida formación y el crecimiento de las raíces, mejora la calidad de frutas, hortalizas y granos, y es esencial para la formación de semillas. Como parte de los ácidos nucleicos, también es fundamental en la transferencia de características hereditarias (**Garavito 2012, Gonzales, 2014**).

La cantidad total de fósforo en la capa arable varía ampliamente, dependiendo sobre todo del tipo de material de origen del suelo; generalmente es más alto en suelos calcáreos y bajo en suelos de alto grado de intemperismo provenientes de rocas ácidas. (**Gonzales, 2014**).

***Capacidad de Intercambio Catiónico** – CIC:* La capacidad de intercambio catiónico se puede definir como la medida de las cargas negativas que se encuentran en el suelo. (**Pinzón 2010**). Se entiende como intercambio catiónico los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase

acuosa y desabsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre las dos fases. (**Gonzales, 2014**).

Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades que participan en dichos procesos, son Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} y Na^{+} (las bases del suelo) y $NH4^{+}$; en suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al^{3+} juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo, junto con el H^{+} la acidez intercambiable del mismo. (Gonzales, 2014).

Tabla 1 *Contenidos óptimos de Ca2+, Mg2+, K+ de acuerdo al CIC*

CIC	**Ca^{++}**	**Mg^{++}**	**K^{+}**
Meq/100g de suelo			
5	2	1	0.25
10	4	2	0.50
20	8	4	1.00
30	12	6	1.50
40	16	8	2.00

Fuente. Garavito 2012

Se observan notables diferencias en la capacidad de los suelos para liberar potasio de las formas no intercambiables. Aunque suelos con cantidades similares de potasio total pueden tener tasas de liberación distintas, esto se debe a las variaciones en los tipos de minerales potásicos presentes. El potasio fijado oriundo de fertilizantes recientemente aplicados, es liberado más rápidamente que el potasio original del suelo. (**Gonzales, 2014**).

Materia orgánica: Ronald Vargas (2009). La materia orgánica hace referencia a todo el material de origen animal o vegetal que se encuentra en diferentes estados de descomposición: completamente descompuesto, parcialmente descompuesto o sin descomponer. Aunque comúnmente se asocia con el humus, este último término se utiliza específicamente para describir la materia orgánica que está completamente descompuesta, conocida como sustancias húmicas.

El contenido de materia orgánica en los horizontes minerales se puede estimar mediante el color del suelo, tanto en su estado seco como húmedo, utilizando la tabla Munsell, considerando su clase textural. Esta estimación se basa en la premisa de que el color del suelo es el resultado de la combinación de sustancias orgánicas oscuras y minerales más claros. Sin embargo, esta metodología no es precisa en suelos fuertemente coloreados, ya que tiende a sobrestimar el contenido de materia orgánica en suelos de regiones áridas y a subestimarlo en suelos tropicales. Por lo tanto, los valores obtenidos deben ser siempre verificados en el sitio, ya que solo proporcionan una estimación aproximada ***(Ronald Vargas, 2009).***

2.2.7. Propiedades biológicas del suelo

Ramírez R. (1997) La biología del suelo es la disciplina que estudia los organismos que, de diversas maneras, influyen en el suelo, alterando su composición, estructura y funcionamiento. Los microorganismos del suelo se clasifican en función de su tamaño:

Macrofauna: Son organismos cuyo diámetro supera el 1 cm, lo que permite su observación a simple vista. Estos organismos generan cambios físicos en el suelo y, en algunos casos, alteran su composición química. Pueden clasificarse en vertebrados, que tienen una relación directa con el suelo y son parte de la fauna silvestre, e invertebrados, que incluyen moluscos como caracoles y babosas, anélidos como lombrices de tierra, onicóforos como las orugas, y artrópodos como crustáceos, insectos y milpiés.

Mesofauna: Son aquellos organismos cuyo diámetro varía entre doscientas micras y 1 centímetro, y tienen la capacidad de generar cambios físicos y químicos en el suelo. Dentro de la mesofauna, los nematodos son los más relevantes.

Microfauna: Los microorganismos encargados de las transformaciones químicas relacionadas con los procesos de humidificación y mineralización de la

materia orgánica son bacterias, que tienen un tamaño que varía entre 20 y 200 micras. Son los microorganismos más abundantes en el suelo y desempeñan un papel crucial en la conversión de compuestos químicos en formas que las plantas pueden asimilar. La mayoría de estas bacterias son heterótrofas y saprófitas, ya que descomponen compuestos orgánicos, aunque algunas también son autotróficas, produciendo su propio alimento.

2.2.8. Clasificación de suelos

La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN 2009) informa que, de acuerdo a los diferentes criterios existentes sobre suelos, hay también distintas clasificaciones científicas o naturales y de carácter técnico o practico. Las clasificaciones científicas agrupan a los suelos por su afinidad o similitud dentro de las categorías establecidas internacionalmente existen varios sistemas de clasificaciones científicas o naturales, siendo el de los más conocidos el "Soil Taxonomy" (USDA) y otros propuestos por países europeos, la ONU y la FAO en el Perú los sistemas de clasificación más utilizados son el "Soil Taxonomy" y de la FAO. (**Chuquillanqui y Vega, 2016**).

Por otro lado, según las clasificaciones técnicas, estas son de carácter interpretativo y han sido formuladas por planificadores, agricultores y políticos. Dichas clasificaciones reflejan el uso adecuado que deben recibir los suelos. Además, se menciona que dentro de las clasificaciones técnicas del suelo existen dos originarias de los Estados Unidos. La primera, elaborada por el Departamento de Agricultura de ese país, clasifica los suelos en ocho categorías según su capacidad de uso. La segunda, desarrollada por el Buró de Rehabilitación de Suelos del Departamento del Interior, agrupa los suelos en seis clases según su aptitud para el riego. En el Perú fue utilizada la primera hasta 1975 y la segunda se sigue usando a partir de ese año se inició en el

Perú el empleo del sistema nacional, la clasificación de Tierras por su capacidad de uso mayor establecida por el reglamento de clasificación de tierras en mérito al decreto supremo 017-2009-AG del 2009 Este sistema clasifica a los suelos según su utilización óptima en cinco grandes grupos: (A) tierras aptas para cultivos en limpio, (C) tierras aptas para cultivos permanentes, (P) tierras aptas para pastos, (F) tierras aptas para la producción forestal y (X) tierras de protección. (**Chuquillanqui y Vega, 2016**).

Las dos primeras clases (A y C) corresponden a terrenos adecuados para actividades agrícolas, mientras que la clase (P) abarca las tierras más idóneas para el uso pecuario, y la clase (F) está destinada a fines forestales. La clase (X) agrupa a tierras que sirven únicamente para el desarrollo de la vida silvestre y la recreación. (**Chuquillanqui y Vega, 2016).**

La clase agroecológica de cada clase está representada por números arábicos: **(1)** que agrupa a suelos de buena aptitud agroecológica **(2)** suelos con aptitud agrologica media y **(3)** suelos con baja aptitud agrologica; las mismas que son agrupadas de acuerdo a los factores limitantes relacionados con el factor suelo **(s),** la topografía **(t),** humedad y condiciones de drenaje **(w),** presencia de sales **(n)** y clima **(cl).** (**Chuquillanqui y Vega, 2016**).

Se menciona que la clasificación de suelos generalmente se realiza bajo dos enfoques: la taxonomía y la capacidad de uso principal de los suelos. El primero ha sido objeto de estudio por numerosos investigadores a nivel mundial, dando lugar a diversos sistemas de clasificación taxonómica, como el francés, el Soil Taxonomy, el de la FAO/UNESCO, y los sistemas ruso y belga (Chuquillanqui y Vega, 2016). En cuanto a la capacidad de uso mayor, los suelos se clasifican según el sistema estadounidense en ocho clases, abarcando las clases I, II, III y IV. A suelos agrícolas, la V para cultivos permanentes, la clase VI para pastos, la VII para la actividad forestal y la VIII para la

actividad silvestre, agrupando suelos misceláneos En el Perú se usa el Reglamento General de Clasificación de Tierras (Decreto Supremo 62175 - AG), el que agrupa a los suelos en cinco clases: A, O, P, F y X. (Chuquillanqui y Vega, 2016).

2.2.9. Clasificación de suelos según su grado de fertilidad

En ausencia de un sistema técnico de clasificación para la fertilidad del suelo, se hacen muchas interpretaciones empíricas y las Interpretaciones de la capacidad de las unidades del mapa se basan en la experiencia personal y en las observaciones del comportamiento general del cultivo sin fertilización En algunos casos las observaciones sobre el crecimiento de las plantas se cuantifican ya sea muestreando en los campos de los agricultores o por medio de experimentos de campo. (**Chuquillanqui y Vega, 2016**).

Un procedimiento más cuantitativo ha sido desarrollado como sistema de capacidad de la tierra para la interpretación de reconocimiento de suelos en Brasil se desarrollan clases de capacidad “buena” “regular’ “restringida” y ninguna para seis sistemas de manejo que van desde el más primitivo al más refinado, de acuerdo con cinco factores limitantes: fertilidad natural del suelo, deficiencia, exceso de agua, erosión y limitaciones para la mecanización. (**Chuquillanqui y Vega, 2016**).

Este sistema de clasificación de la fertilidad del suelo es el primero en agruparlos según limitaciones similares de fertilidad, utilizando criterios cuantitativos. Los suelos se agrupan en el nivel más alto de categoría, considerando la textura de la capa arable y del subsuelo. Se definen 13 modificaciones para delimitar parámetros relacionados con la fertilidad, que incluyen la identificación de drenaje deficiente, estaciones secas marcadas, niveles elevados y medios de saturación de aluminio en la CIC, problemas de fijación de fósforo, deficiencia de potasio y dificultades asociadas a suelos calcáreos, como la salinidad y alcalinidad. La aplicación inicial de este sistema

pone de manifiesto que algunas de las agrupaciones tienen diferentes patrones de respuesta a los fertilizantes cuando las agrupaciones de fertilidad capacidad se usan conjuntamente con niveles críticos de análisis de suelo, (**Chuquillanqui y Vega, 2016**).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Nitrógeno

Davelouis (1991) Se señala que el nitrógeno desempeña un papel fundamental en la planta, ya que constituye la mayor parte de la materia viva, incluyendo ácidos nucleicos y coenzimas. Además, participa en la formación de proteínas, en la síntesis de la molécula de clorofila, y tiene un impacto directo en el desarrollo vegetativo, proporcionando una coloración verde intensa a las plantas. También influye en la utilización de carbohidratos. Este nutriente es particularmente importante debido a que se pierde rápidamente en el suelo y es el más móvil de todos los nutrientes.

Zavaleta (1992) señala que el efecto de pH en la disponibilidad del nitrógeno es indirecto. La disponibilidad de nitrógeno está estrechamente vinculada al impacto del pH en la descomposición de la materia orgánica. Un pH inferior a 5.5 limita la actividad de los microorganismos responsables de la nitrificación. En cambio, un pH en el rango de 6 a 8 es el más favorable para asegurar una adecuada disponibilidad de nitrógeno.

Fuentes (1994) manifiesta que el nitrógeno presente en el suelo se encuentra bajo formas de nitrógeno orgánico e inorgánico. El nitrógeno orgánico forma parte de la materia orgánica proveniente de los organismos vegetales y animales. Este tipo de nitrógeno, que constituye casi todo el nitrógeno presente en el suelo, no puede ser aprovechado por las plantas hasta que se convierta en nitrógeno inorgánico a través de una serie de procesos bioquímicos.

Bear (1963) menciona que el nitrógeno es esencial para el desarrollo de todos los vegetales, dado que es un constituyente de todas las proteínas, por consiguiente, de todos los protoplasmas, el nitrógeno es absorbido en mayor cantidad durante toda la vida de la planta. Se menciona además que el nitrógeno es absorbido comúnmente por las plantas en forma de iones nitrato o amonio; sin embargo, el nitrato se reduce rápidamente, probablemente a amonio, a través de una enzima que contiene molibdeno.

López (1990) indica que la deficiencia de nitrógeno es quizá la más extendida en los cultivos y ejerce un marcado efecto sobre los rendimientos de la planta. La deficiencia clorofílica provoca una inhibición en la capacidad del vegetal para asimilar nutrientes y formar carbohidratos, lo que lleva a una floración y fructificación deficientes y prematuras, acortando así el periodo vegetativo. La falta de nitrógeno se manifiesta por la pérdida uniforme del color verde en las hojas, que adquieren un tono amarillo pálido. Esta característica distingue los síntomas de la deficiencia de nitrógeno de los de otros nutrientes, como el hierro, cuyo efecto se limita a las zonas internervales de las hojas.

2.3.2. Fósforo

Fassbender (1987), Estrada (1996) consideran generalmente que las plantas absorben la mayoría de fósforo en forma de ion ortofosfato (H_2PO^-) pequeñas cantidades de ion secundario ortofosfato ($HPO^{=}_4$) son absorbidos. La cantidad relativa de estos dos iones absorbidos por las plantas depende del pH del entorno que rodea sus raíces. Un pH bajo favorece la absorción del ion (H2PO-), mientras que un pH elevado incrementa la absorción de la forma (HPO4=).

Bear (1987) menciona, el contenido de fósforo total en los suelos es relativamente bajo, cuando más fina es la textura del suelo, mayor es el contenido de P total. En términos generales, se ha observado que factores como la temperatura, la

precipitación, la acidez del suelo, la actividad biológica y el grado de desarrollo de los suelos influyen en la proporción de fracciones orgánicas e inorgánicas en el fósforo total.

Fuentes (1994) considera que todo el fósforo existente en la naturaleza procede de la descomposición de la roca madre. Los yacimientos de fosfatos se originaron probablemente en el fondo marino, donde los restos de organismos marinos se depositaron, formando capas de fosfatos calizos. Estas capas fueron luego levantadas por movimientos tectónicos, y, posteriormente, los carbonatos más solubles fueron disueltos, dejando solo los fosfatos.

En el suelo, el fósforo se clasifica en orgánico e inorgánico. El fósforo orgánico, que representa entre el 20 % y el 60 % del fósforo del suelo, proviene de los restos de animales y plantas, acumulándose principalmente en las capas superficiales. Su descomposición y conversión en fósforo inorgánico es realizada por diversas especies de bacterias, hongos y actinobacterias. El fósforo inorgánico está compuesto por diversos compuestos, entre los que se incluyen el fosfato de calcio, fosfato de hierro y fosfato de aluminio.

2.3.3. Potasio

Dinchev (1977), ***Tisdale Y Nelson (1982)*** manifiestan que el potasio es requerido en cantidades relativamente grandes por las plantas y difiere de los elementos plásticos como el fósforo, nitrógeno y carbono por su gran movilidad y no entrar, en la constitución de los principios esenciales. El potasio (K) generalmente se encuentra completamente soluble en agua y en forma iónica dentro de las plantas, siendo absorbido en su forma iónica como K+.

Zavaleta (1992) indica que la disponibilidad del K es buena entre pH 6 y 7,5 algunas veces la disponibilidad es afectada por la presencia del Ca cuando suelos ácidos

han sido encalados, siendo entonces deficientes para la buena producción de cultivos. La disponibilidad disminuye en un ambiente alcalino y aumenta cuando el pH supera 8,5, lo que indica una mayor acumulación de K intercambiable.

Peralta (2000) indica que el contenido promedio de potasio en la corteza terrestre es alrededor de 2.3 %. La mayor parte del potasio se encuentra vinculada a los minerales primarios, los cuales suelen ser también ricos en este nutriente. Además, los suelos arcillosos suelen contener un 4% más de potasio en comparación con los suelos no arcillosos.

Fuentes (1994) indica que el potasio se encuentra en el suelo bajo las formas orgánicas e inorgánicas. El potasio inorgánico, con una concentración promedio del 1,5 % en el suelo, se encuentra principalmente en los minerales silicatados y se libera a través de la alteración de estos minerales. Las rocas volcánicas, como el granito, son más ricas en potasio que las rocas sedimentarias, como la caliza, lo que resulta en que los suelos formados a partir de las primeras contengan mayor cantidad de este nutriente en comparación con aquellos provenientes de las segundas.

El potasio orgánico se origina de la descomposición de restos vegetales y animales, constituyendo solo una pequeña fracción del total de potasio presente en el suelo. Una porción significativa de este potasio se disuelve rápidamente en el agua del suelo, mientras que el resto necesita la acción de los microorganismos para liberarse.

Fuentes (1994), indica que el potasio favorece el mejor aprovechamiento del agua por la planta que contribuye a mantener la turgencia celular, lo que trae como consecuencia una disminución de la transpiración cuando el agua escasea. También tiene efectos favorables en la resistencia de las plantas al frio y a las heladas e incrementa su resistencia a la salinidad y a los parásitos.

López (1990), indica que los síntomas de deficiencia de potasio se presentan primero en las hojas viejas. Sin embargo, en algunos cultivos las hojas más afectadas son las de edad intermedia. La mayoría de plantas de hoja ancha con escasez de potasa, tienen en sus hojas manchas cloróticas que se vuelven necróticas al intensificarse. El color de la hoja es algunas veces anormalmente oscuros, los puntos necróticos comienzan en los ápices de la hoja y se extienden a lo largo de todo el borde, sin embargo, hay escasez en los que siguen presentándose estos puntos cloróticos en el interior de los limbos foliares, como por ejemplo en el algodón

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los suelos de la comunidad campesina de Tápuc presentaron una clasificación variada dependiendo del grado de fertilidad.

2.4.2. Hipótesis específicas

Los suelos de la Comunidad Campesina de Tápuc ubicado en el distrito de mismo nombre, presentan diferentes características físicas y químicas.

Los suelos de la comunidad campesina de Tápuc presentan diferentes grados de fertilidad.

2.5. Identificación de variables

Variables dependientes: Fertilidad de suelos

Variables independientes: Color de suelo, pH, textura, materia orgánica, Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Capacidad de intercambio catiónico, Conductividad

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 2 *Operacionalización de las variable*

VARIABLE	**DEFINICION CONCEPTUAL**		**DEFINICIÓN OPERACIONAL**	**INSTRUMENTOS**
DIMENSIÓN O FACTOR A EVALUAR			INDICADOR	
V.I **La Fertilidad natural de los suelos de Chacayán.**	Capacidad del suelo para sustentar el crecimiento de las plantas, produciendo los nutrientes que ellas necesitan.	- Características físicas del suelo. - Características químicas del suelo	- Proporción de partículas de suelo - Rangos químicos	- Planos topográficos - Mapa ecológico -GPS -Cámara fotográfica - Mapa textural -Bolsas de plástico - Flexómetro - Lápices -Pala recta
V.D **Características físicas del suelo**	El tamaño y la distribución de las partículas minerales presentes en el suelo son factores clave que determinan sus propiedades físicas		- Textura - Estructura - Porosidad - Color	- Proporción de partículas de suelo
V.D **Características químicas del suelo**	Composición, las propiedades y las reacciones químicas de los suelos		- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) - pH - Conductividad eléctrica (CE) - Salinización - Alcalinización	- Rangos y proporciones químicas
V.D **Rango NPK del suelo**	- Disponibilidad para las plantas de los principales nutrientes del suelo		-Disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio	- Rangos y proporciones químicas

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Es **aplicada**, Según (**Sampieri, 2010**), los tipos de investigación aplicada son la solución o mejora de situaciones concretas o específicas y la validación de métodos o modelos mediante la aplicación innovadora y creativa de las propuestas a los resultados de la investigación. El presente trabajo de investigación tiene un enfoque de tipo aplicada **Vargas Cordero, (2009),** porque tiene como objetivo determinar la clasificación de suelos según el grado de fertilidad, es aplicada porque cumple el propósito que es generar conocimiento, resolver un problema aplicando tecnologías

La investigación acoge un enfoque **cuantitativo** ya que se compilan y estudian datos cuantitativos sobre variables y analiza propiedades y fenómenos cuantitativos (**Lozada, 2014**). Además, los objetivos de la investigación solo se logran a través del análisis de datos numéricos.

3.2. Nivel de investigación

El presente trabajo tiene un alcance de nivel **explicativo** Hernández, et al., (2014), este nivel de investigación estudia las causas de los eventos y fenómenos

físicos, se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables, por lo tanto, cumpliendo con lo descrito se concluye que el nivel de la investigación es explicativo, debido a que, explica la dependencia entre variables.

3.3. Métodos de investigación

En el presente trabajo de investigación se ha aplicado el método de investigación **científica**, según Tamayo, (2003) indica que este tipo de investigación es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos; mediante la presente investigación se explica cómo los parámetros físicos químicos del suelo influyen para determinar la calidad del suelo según el grado de fertilidad.

3.4. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación tiene un **diseño experimental**, debido a que tiene como requisito la manipulación intencional de las variables independientes **Hernández, et al., (2014**). Las que se consideran como supuesta causa (parámetros físicos y químicos) y el efecto provocado por dicha causa son la variable dependiente (fertilidad de suelos) por ese motivo se podría considerar un arreglo factorial 3k, considerando que nuestras variables tendrán tres niveles, y como se sabe la cantidad de variables el arreglo sería 30, ya que estos arreglos se utilizan en experimentos que incluyen varios factores cuando se estudia el efecto conjunto de los factores sobre una respuesta Montgomery, (2004)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La Comunidad de Tápuc abarca una extensión de 60.10 km2, situados entre 3675 msnm.

3.5.2. Muestra

Para la adquisición de la muestra se empleó un muestreo no probabilístico, siendo este muestreo según criterio de expertos. Se definió como unidad de análisis cada uno de los puntos de muestreo, de los cuales se extrajo 1 kg de suelo de los 30 puntos, tomando en cuenta las zonas agrícolas.

Tabla 3 *Resultados del muestreo de las zonas altas, medio y baja.*

N° DE MUESTRA	DODIGO	UBIGEO	DISTRITO	COMUNIDAD CAMPESINA	SECTOR / NOMBRE DEL LUGAR	FECHA DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	UTM		Zona	Altitud
									E	N		
1	001	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	ANYAS HAMANAN	11/12/2023	-10.45607311	-76.45058781	341232.831	8843796.96	18L	3333
2	002	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	MARAYPATA	11/12/2023	-10.45112250	-76.45284086	340983.664	8844343.364	18L	3300
3	003	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	TACTA	11/12/2023	-10.44216800	-76.45273123	340991.112	8845333.787	18L	3357
4	004	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	TICRAN	11/12/2023	-10.43126122	-76.45408005	340837.901	8846539.398	18L	3194
5	005	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	SHUPLAK	11/12/2023	-10.42830249	-76.45601626	340624.415	8846865.658	18 L	3186
6	006	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	KUTAK	11/12/2023	-10.42869026	-76.45870619	340330.115	8846821.41	18 L	3187
7	007	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	WICHICHIN	13/04/2024	-10.42497937	-76.46088280	340089.920	8847230.74	18 L	3071
8	008	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	AKLA WAYIN	17/12/2023	-10.46310506	-76.48037340	337975.760	8843004.08	18 L	3330
9	009	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	RACHAK MACHAY	17/12/2023	-10.45593266	-76.47587132	338464.902	8843799.664	18 L	3280
10	010	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	HUARICANCHA	17/12/2023	-10.474076	-76.48259696	337738.055	8841789.532	18 L	3484
11	011	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	KASHAPATA	13/01/2024	-10.46404603	-76.45772852	340455.194	8842911.55	18 L	3757
12	012	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	HUANTUWAYRAN ALTA	13/01/2024	-10.45940184	-76.46170355	340017.668	8843423.19	18 L	3720
13	013	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	TAURIPAMPA	14/01/2024	-10.45623104	-76.4613267	340057.298	8843774.07	18 L	3675
14	014	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	ANTIJIRKA	14/01/2024	-10.43536936	-76.45957287	340238.636	8846082.00	18 L	3566
15	015	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	PALGAPUQUIO	14/01/2024	-10.44725823	-76.464945	339656.589	8844764.633	18 L	3699
16	016	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	GOCHAPAMPA	27/01/2024	-10.45739887	-76.46638870	339503.747	8843642.34	18 L	3745
17	017	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	KINRAN MACHAY	27/01/2024	-10.45508003	-76.47084184	339015.056	8843896.54	18 L	3320
18	018	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	GOLLPA	28/01/2024	-10.45372426	-76.47315927	338760.659	8844045.302	18 L	3213
19	019	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	HUAWYANGA	28/01/2024	-10.46448453	-76.47688285	338358.594	8842853.299	18 L	3582
20	020	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	AJOS PAMPA	28/01/2024	-10.47428008	-76.47776663	338266.923	8841769.45	18 L	3646
21	021	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	WACHAKTUNA	09/03/2024	-10.47211303	-76.46026723	340181.414	8842018.05	18 L	3915
22	022	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	YANAGOCHA	09/03/2024	-10.46965945	-76.45776238	340454.357	8842290.689	18 L	3820
23	023	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	PARATUYOK	10/03/2024	-10.46634436	-76.45642865	340598.664	8842658.014	18 L	3765
24	024	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	PUROK SHUYOK ALTO	10/03/2024	-10.46765161	-76.45973548	340237.334	8842511.76	18 L	3880
25	025	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	PUROK SHUYOK BAJO	16/03/2024	-10.46514656	-76.45920005	340294.670	8842789.088	18 L	3857
26	026	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	GASAK MACHAY	16/03/2024	-10.47241832	-76.45766985	340465.898	8841985.604	18 L	3822
27	027	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	KYSHUARPAMPA	17/03/2024	-10.46282350	-76.46285255	339893.641	8843044.168	18 L	3939
28	028	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	HATAKGYAN	17/03/2024	-10.45612785	-76.46504022	339650.716	8843783.60	18 L	3815
29	029	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	HUANTUWAYRAN	30/03/2024	-10.45906323	-76.46205492	339979.029	8843460.46	18 L	3702
30	030	190207	TÁPUC	COMUNIDAD CAMPESINA DE TÁPUC	CHIWANGAY RUMY	30/03/2024	-10.47362037	-76.47662435	338391.624	8841843.00	18 L	3685

Fuente: Estrella & Osorio (2024)

Parámetros evaluados

Los análisis de caracterización de las propiedades físicas y químicas de las muestras de suelos fueron realizados en el laboratorio de química analítica de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú. El trabajo de investigación consistió en cuatro etapas: la preliminar, de campo, de laboratorio y de gabinete.

Etapa preliminar: Se extrajo toda la información idónea para la construcción de la investigación, en base a los documentos como artículos científicos,tesis y revistas de fuentes confiables. Además, se tuvo reuniones en base a consultas a profesionalesligados al tema de investigación como un alcance al desarrollo de la etapade campo, se delimito el área de estudio haciendo uso de GPS, altímetro, etc. Se identificaron los sectores, las áreas agrícolas y ubicó los puntos de muestreo.

Etapa de campo: Las actividades de campo incluyeron el reconocimiento de las áreas agrícolas de los distintos sectores de la Comunidad de Tápuc, seguido de la localización de los puntos de muestreo, los cuales se determinaron según los sectores y las coordenadas establecidas en la delimitación de las áreas. Además, se realizó el muestreo del suelo

El proceso de toma de muestras la realizamos luego de identificado los puntos de muestreo, se retiró las malezas de la capa superior del suelo, luego se limpió la superficie rastrillando. Las muestras de suelos fueron tomadas de acuerdo al DS N° 011-2017 MINAM ECA para suelos excavando calicatas de 20 x 30 cm a una profundidad de 30 cm, luego se ha etiquetado con los datos correspondientes y fueron trasladadas al laboratorio de química analítica de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú, con la correspondiente cadena de custodia para los análisis de los parámetros físico y químicos indicadores de fertilidad de suelos.

Preparación de las muestras en el laboratorio. Recibido las muestras en el laboratorio, se procedió a cuartear cada muestra en porciones 4 porciones de 250 gramos cada uno para análisis de humedad y granulométrico, materia orgánica y textura.

Secado: Se extiende la muestra formando una capa de aproximadamente 15 mm en bandeja. El secado Se realiza hasta que la pérdida de masade la muestra de suelo no sea mayor de un 5 %; se realizó en horno mufla a 110 °C por 2 horas, Se tomó muestras de 10 gramos para análisis de humedad.

Digestión: se realizó la digestión con agua destilada por 24 horas en agitador magnético y se procedió a filtrar cada muestra con papel filtro watman N° 40. Se tomó el filtrado para realizar las mediciones de pH, conductividad, iones presentes y otros.

Tamizado y molido. Luego se realizó la molienda y tamizado las muestras se pasaron por una malla Tyler N° 65 de Abertura 240 (μ) Los terrones o agregados del suelo que no atravesaron el tamiz fueron triturados con morteros y luego tamizados nuevamente hasta que toda la muestra pasara adecuadamente.

Etapa de gabinete y laboratorio. Consistió en establecer los parámetros a analizar y los correspondientes métodos normalizados según INACAL y métodos internacionales vigentes, así como los límites permisibles para suelos según la reglamentación del Ministerio del ambiente y ministerio de agricultura.

Determinación de parámetros en estudio

Humedad La determinación de la humedad consiste en eliminar el agua mediante temperatura de volatilización y calcular los componentes por diferencia de pesos, se realiza pesando una muestra antes y después de haberla secado (eliminado el agua), luego de la diferencia de peso hallada calcular el porcentaje de agua que contenía la muestra al principio.

Tabla 4 *Resultados del análisis de humedad de las zonas alta, medio y baja.*

UBICACIÓN	CODIGO	PESO DE CRISOL gramos	PESO DE TIERRA HUMEDA gramos	PESO DE CRISOL MÁS TIERRA HUMEDA gramos	PESO DE LA TIERRA SECA MÁS CRISOL gramos	% HUMEDAD
ZONA BAJA	MS-01	46.07	5	51.07	50.8	5.34
	MS-02	45.18	5	50.18	49.97	4.15
	MS-03	23.32	5	28.32	28.02	5.98
	MS-04	20.45	5	25.45	25.27	3.59
	MS-05	20.21	5	25.22	25.11	2.18
	MS-06	44.97	2.04	47.01	46.94	3.4
	MS-07	33.1	3.07	36.18	35.76	13.41
	MS-08	39.22	5.06	44.29	44.03	5.06
	MS-09	47.98	4.9	52.88	52.72	3.13
	MS-10	35.37	4.83	40.21	40.03	3.66
promedio						**4.99**
ZONA MEDIA	MS-11	34.05	3.3	37.35	37.18	5.36
	MS-12	70.02	4.43	74.46	74.12	7.61
	MS-13	46.73	5	51.73	51.66	1.39
	MS-14	101.17	5	106.1	106.12	0.84
	MS-15	45.69	5	50.69	50.65	0.79
	MS-16	30.18	5	35.18	35.16	0.45
	MS-17	52.05	5	57.05	57	1.05
	MS-18	22.42	5	27.42	27.39	0.43
	MS-19	20.78	5	25.78	25.75	0.55
	MS-20	22.17	5	27.1752	27.12	0.65
promedio						**1.91**
ZONA ALTA	MS-21	46.42	5	51.42	51.09	6.74
	MS-22	46.35	4.95	51.3	50.87	8.7
	MS-23	44.94	5.04	49.99	49.63	7.1
	MS-24	44.46	5	49.46	49.29	4.61
	MS-25	41.71	5.02	46.73	46.46	5.43
	MS-26	21.92	4.23	26.16	25.83	7.64
	MS-27	22.85	4.08	26.93	26.47	11.12
	MS-28	23.53	5.65	29.19	28.84	6.22
	MS-29	21.99	4.01	26	25.71	7.23
	MS-30	19.75	4.8	24.56	24.31	5.03

Promedio **6.98**

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Color. Para la determinación se tomó muestra seca y tamizada se utilizó la tabla de Munsell, donde se contrasto e identifico el color.

Textura. Se utilizó el método del hidrómetro de Bouyoucos para realizar la determinación de la textura del suelo. Posteriormente, se determinó el porcentaje de arcilla, limo y arena mediante el método gravimétrico por fusión. Finalmente, se aplicó el triángulo textural para clasificar la muestra según su composición.

pH**.** El pH y la conductividad eléctrica (C.E.) fueron determinados mediante el

método potenciométrico en una solución extracto de suelo, utilizando una relación suelo:agua de 1:1 en términos de masa a volumen. Se emplearon 50 g de suelo y 50 mL de agua, lo que permitió obtener un volumen adecuado de solución para realizar las lecturas.

Se pesaron 50 g de muestra en vasos de precipitados secos y limpios utilizando una balanza con precisión de dos decimales. A continuación, se añadieron 50 mL de agua destilada y la mezcla se agitó con un imán en un agitador magnético durante una hora a una velocidad de 200 rpm. Después, se dejó reposar la solución durante más de 24 horas para permitir que las partículas se sedimentaran y los coloides coagularan. Esto facilitó la extracción del sobrenadante mediante una pipeta y propipeta, seguido de un proceso de filtración utilizando papel filtro Watman N° 40. Finalmente, la solución se decantó en un vaso de precipitados de 100 mL para la medición del pH y en un tubo de ensayo para la determinación de la Conductividad Eléctrica (C.E.).

Se realizaron tres lecturas para cada parámetro, con un intervalo de 30 minutos entre ellas. El valor promedio de las tres mediciones se utilizó como resultado final para el pH y la conductividad eléctrica (C.E).

Materia orgánica (M.O %). El contenido de materia orgánica se determinó según la norma ASTM Internacional D2974–87, titulada "Métodos de prueba estándar para humedad, cenizas y materia orgánica de turba y otros suelos orgánicos". Se pesó 1 g de muestra, previamente tamizada y secada a 105 °C, utilizando una balanza analítica con precisión de cuatro decimales. Esta muestra se colocó en cápsulas de porcelana, las cuales fueron debidamente etiquetadas con el número correspondiente a cada muestra, y luego se pesaron para los cálculos posteriores.

Nitrógeno Total Nt (%). Para determinar el nitrógeno total, se utilizó una muestra filtrada y se aplicó el método de micro Kjeldahl, el cual convierte el nitrógeno

orgánico presente en la muestra de suelo en sulfato amónico. La muestra se somete a una digestión con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de una mezcla de sales que facilitan y aceleran la oxidación de la materia orgánica, transformando todas las formas de nitrógeno en radical amonio (NH4+) en un medio ácido. Luego, se expone a una base fuerte, como la solución de hidróxido de sodio, lo que genera hidróxido de amonio. Posteriormente, mediante calor, este se descompone en amoniaco (NH3) y agua. Finalmente, el amoniaco se recoge en un volumen conocido de solución valorada de ácido bórico (Panreac, 2011; Fernández, 2006: 35 – 40).

Fosforo P (ppm). Se determinó por el Método de Olsen - modificado, extracción con $NaHCO_3$ 0.5 M, pH: 8.5.

Potasio K (ppm). Mediante la extracción con acetato de amonio (CH_3 – $COONH_4$) N pH:

Conductividad eléctrica CE. Haciendo uso del multiparametro

Capacidad de intercambio catiónico CIC (meq /100g). Por la suma de los cationes cambiables.

Etapa final de gabinete

En esta etapa se interpretó y proceso los datos cuantitativos generados en el laboratoriocon respecto al parámetro evaluados.

3.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Instrumentos de recolección de datos

Observación experimental: Los investigadores analizaron los datos en condiciones relativamente controladas, lo que les permitió manipular las variables de manera precisa. Esta metodología representa una avanzada tecnología en el ámbito de la investigación científica. Se puede usar una hoja de recopilación de datos o un mapa como medio (Tamayo y Silva, 2018). Las variables independientes fueron manipuladas

mediante el análisis de parámetros físico químicos de suelos, asimismo se obtuvieron los resultados de los análisis de laboratorios los cuales permiten recolectar datos de la variable dependiente.

Análisis documental: Los datos se recopilan de fuentes secundarias. Libros, artículos, revistas, cuadernillos y periódicos se usan como fuentes de información para recopilar datos sobre variables de interés (**Lozada, 2014**).

Instrumentos de recolección de datos: La Guía para la toma de muestras de suelo nos facilitó el proceso de recolección de muestras siguiendo las normativas establecidas. Esta guía detalla los diferentes tipos de muestreo, los criterios y las medidas a seguir, así como el manejo adecuado de las muestras, entre otros aspectos (**Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM**).

Ficha de recolección de datos: Fueron los instrumentos donde se registraron por escrito información importante en el desarrollo del proyecto (**Lozada, 2014**).

3.6.2. Técnica de procesamiento de información

Se utilizó programas computarizados de análisis estadístico, que es el MINITAB, ANOVA, EXCEL y otras estadísticas básicas y avanzadas.

3.6.3. Materiales y Métodos

Materiales

- ✓ Guía para la descripción y clasificación de suelos
- ✓ Cuaderno de notas,
- ✓ Formulario para llenado de datos
- ✓ Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- ✓ pHmetro/conductivimetro, soluciones estándar
- ✓ Pala, azadón, picota, barreno y martillo
- ✓ Balanza analítica de 4 dígitos

- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Equipo Absorción atómica
- ✓ Espectrofotómetro UV
- ✓ Destilador de agua
- ✓ Termómetro
- ✓ Mufla
- ✓ Lupa (x10)
- ✓ Botella con agua potable y destilada.
- ✓ Botella con solución KCL o $CaCl_2$
- ✓ Agua, para medición de pH o CE.
- ✓ Gotero con 10 % de HCl
- ✓ Gotero con solución indicador de pH fenolftaleina
- ✓ Gotero con NaF ajustada a pH 7,5
- ✓ Bolsas de polietileno
- ✓ Fialas de vidrio de 50, 100, 1000 mL
- ✓ Papel de filtro
- ✓ Pipetas graduales de vidrio de 5, 10 mL
- ✓ Probetas de vidrio de 50,100, 500 mL
- ✓ Varillas agitadoras

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

En el proceso de investigación se utilizaron diferentes instrumentos, equipos de campo y laboratorio como balanzas, flexómetro, jalones, GPS, fichas de anotaciones, calculadora, celular; para la confiabilidad se utilizaron equipos sofisticados de laboratorio con certificación.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de patos

Para el análisis de los datos, se utilizaron los programas SPSS-25 y Excel, a través de los cuales se procesaron los datos obtenidos de las 30 unidades experimentales y los resultados de laboratorio correspondientes a los tratamientos para determinar los parámetros físicos y químicos. Se aplicó un análisis estadístico mediante el ANOVA, con el fin de identificar la existencia de diferencias significativas y, de esta manera, clasificar los suelos de las tres zonas de la Comunidad Campesina de Tapuc, objeto de estudio, según su nivel de fertilidad: alta, media y baja.

Se realizaron la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación usados para la investigación estos fueron previamente calibrados, tales: Multiparametro, Potenciómetro, Balanza analítica, Balanza de precisión, Agitador magnético, Campana de extracción de gases, Destilador de agua, y otros.

3.9. Tratamiento estadístico

Para la presente investigación denominado “clasificación de los suelos de la comunidad campesina de Tapuc, Los datos obtenidos de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo fueron organizados y procesados mediante estadística descriptiva. Donde se calcularon la media aritmética, desviación estándar, valores mínimos y máximos de los parámetros evaluados, según corresponda. Los resultados se presentaron en tablas y gráficos para caracterizar las propiedades de los suelos de la Comunidad Campesina de Tapuc.

Posteriormente, los resultados se interpretaron de acuerdo con criterios técnicos establecidos para cada propiedad del suelo, con la finalidad de clasificar las unidades de muestreo según su grado de fertilidad natural. También se usaron programas como Microsoft Excel o SPSS para el procesamiento de los datos.

No corresponde aplicar la prueba de Tukey, ya que el estudio es de carácter descriptivo y no contempla necesariamente tratamientos experimentales. Por lo que la clasificación de la fertilidad de suelo se realizó mediante criterios técnicos de interpretación de los análisis de laboratorio.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

En el desarrollo de la presente investigación denominado “clasificación de los suelos de la comunidad campesina de Tapuc, según el grado de fertilidad natural” Se ha cumplido con lo establecido en el artículo 3 del Código de Ética para la Investigación Científica de la UNDAC, cuyo objetivo es promover y garantizar que las investigaciones se realicen con los más altos estándares de rigor, honestidad y responsabilidad por parte de los investigadores y todos los involucrados en el proceso. Los resultados obtenidos en este estudio son confiables, ya que se han seguido los principios fundamentales de la ética en la investigación, como el respeto hacia las personas y el medio ambiente, así como la responsabilidad, el compromiso y la honestidad durante las fases de planificación, ejecución y difusión de los resultados. Además, este trabajo respeta la autoría de las fuentes citadas a lo largo de los distintos capítulos de la investigación, de acuerdo con los lineamientos de la norma ISO 690, vigente a nivel internacional.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El distrito de Tápuc es uno de los ocho que conforman la provincia de Daniel Alcides Carrión, en el departamento de Pasco, y está bajo la administración del Gobierno Regional de Pasco. Su capital es el poblado de Tápuc, situado a 3,675 metros sobre el nivel del mar. El área en estudio se encuentra dentro de una zona de altas cumbres, que son cadenas de cerros alineados dispersamente, un relieve abrupto variable.

4.1.1. Etimología

La palabra Tápuc tiene su origen en la voz quechua TAPUCUSAYKI. Este término proviene de una anécdota en la que un grupo de viajeros que venían de las mitas de TAPO-TARMA se encontraron con caminantes locales durante su trayecto hacia Huánuco. Estos les preguntaron: "tapucsayki maininpachaq mani aqan huanukunaman", que en español significa: "¿Cuál es el camino para ir a Huánuco?". Debido a que estos viajeros pasaban frecuentemente por la zona, los habitantes

comenzaron a llamar al lugar Tapukuna. Con el tiempo, la palabra fue evolucionando lingüísticamente hasta transformarse en Tápuc.

4.1.2. Atractivos turísticos

Uno de los principales atractivos del distrito de Tápuc son los restos arqueológicos de Goñicuta, Chumbivilca en Tápuc y Chawin en San Cristóbal de Chaupimarca.

4.1.3. Ubicación política

Ubicado en la región Sierra, con una superficie aproximada de 60,19 km², a 263 km de Cerro de Pasco, con acceso por carretera afirmada.

Departamento: Pasco

Provincia: Daniel Alcides Carrión

Superficie: 60.19 km²

Población: Aprox. 3309 hab.

Ubigeo: 190207

Imagen 1 *mapa del Perú y sus departamentos*



Imagen 2 *Mapa de las provincias de la Región Pasco*



Imagen 3 *Provincia de Daniel Alcides Carrión y sus Distritos*



4.1.4. Límites

El distrito limita con:

Norte: con el distrito de Paucar y la provincia de Lauricocha (dpto. de Huánuco)

Sur: con los distritos de Yanahuanca y Vilcabamba.

Este: con el distrito de Chacayán.

Oeste: con el distrito de San Pedro de Pillao.

Comunidades campesinas del distrito de Tápuc:

Comunidad Campesina de Tápuc.

Comunidad Campesina San Juan de Michivilca.

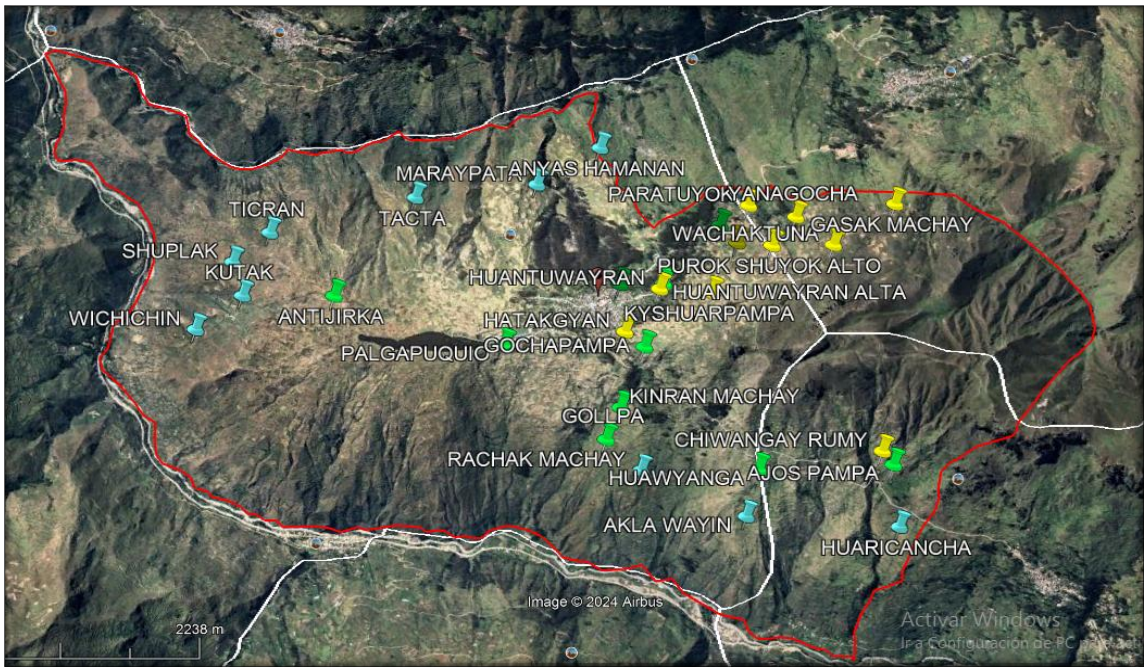
Comunidad Campesina de Uspachaca.

Comunidad Campesina San Cristóbal de Chaupimarca.

Comunidad Campesina Uylupampa.

Ubicación Geográfica de la comunidad campesina de Tupac

Fotografías satelitales



4.1.5. Clima

El clima en el Distrito de Tápuc es templado, con una temperatura media mínima anual de 10 ºC, registrada entre los meses de febrero y marzo, y una temperatura media máxima de 18 a 20 ºC durante mayo y julio. A diferencia de las grandes

oscilaciones térmicas entre el verano y el invierno en otras partes del mundo, aquí se observa una mayor estabilidad, ya que generalmente hace frío por la noche y durante las primeras horas de la mañana, mientras que al mediodía la temperatura aumenta considerablemente.

El período de lluvias se extiende de diciembre a marzo, con una precipitación de 20 mm en ese lapso. Durante el invierno, se pueden observar densas neblinas al amanecer. Las precipitaciones estacionales suelen ir acompañadas de fenómenos eléctricos de gran intensidad, que generalmente ocurren en noviembre y se prolongan hasta marzo o abril. Posteriormente, se experimenta un largo período con lluvias escasas, que se intensifican en los meses de junio, julio y agosto. En las zonas de mayor altitud, como las punas y las zonas andinas, el clima frío se combina con altas precipitaciones, que se presentan en forma de nieve, granizo y lluvias, dando lugar a lagunas que originan numerosos ríos.

4.1.6. Precipitaciones

Se presentan durante los meses de diciembre a marzo se intensifican las lluvias en la zona, como consecuencia a ello se incrementan el caudal de las aguas la que discurren por sus quebradas y laderas ocasionando deslizamientos y huaycos.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

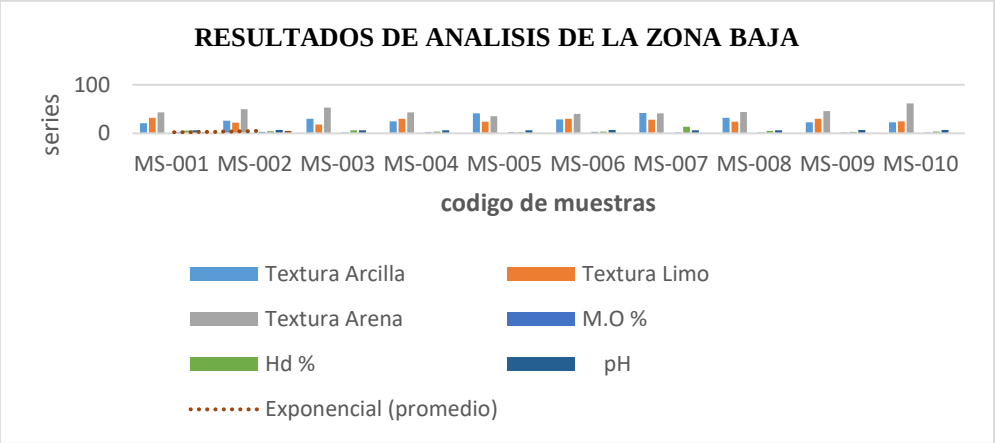
Los resultados de análisis de suelos de la comunidad de Tápuc objeto de estudio se muestran a continuación:

Tabla 5 *Resultados del análisis de la zona baja: textura, M.O, Hd y pH.*

Código muestra	***Textura***			***Clase textural***	***M.O %***	***Hd %***	***pH***
	Arcilla	**Limo**	**Arena**				
MS-001	21	32	43	Franco	2.92	5.34	6.3
MS-002	26	22	50	Francoarcillo arenoso	2.82	4.15	7.2
MS-003	30	18	53	Francoarcillo arenoso	1.70	5.98	6.5
MS-004	25	30	43	Franco arcilloso	2.06	3.59	6.5
MS-005	41	24	35	Franco arcilloso	2.20	2.18	6.0
MS-006	29	30	40	Franco arcilloso	2.87	3.40	7.2
MS-007	42	28	41	Franco arcilloso	1.95	13.41	6.4
MS-008	32	24	44	Franco arcillo arenoso	1.80	5.06	6.5
MS-009	23	30	46	Franco	1.92	3.13	7.0
MS-010	23	25	62	Francoarenoso	1.82	3.66	7
Promedio	***29.2***	***26.3***	***45.7***		***2.206***	***4.99***	***6.63***

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Gráfico 1 *Resultados del análisis de la zona baja: textura, M.O, Hd y pH*

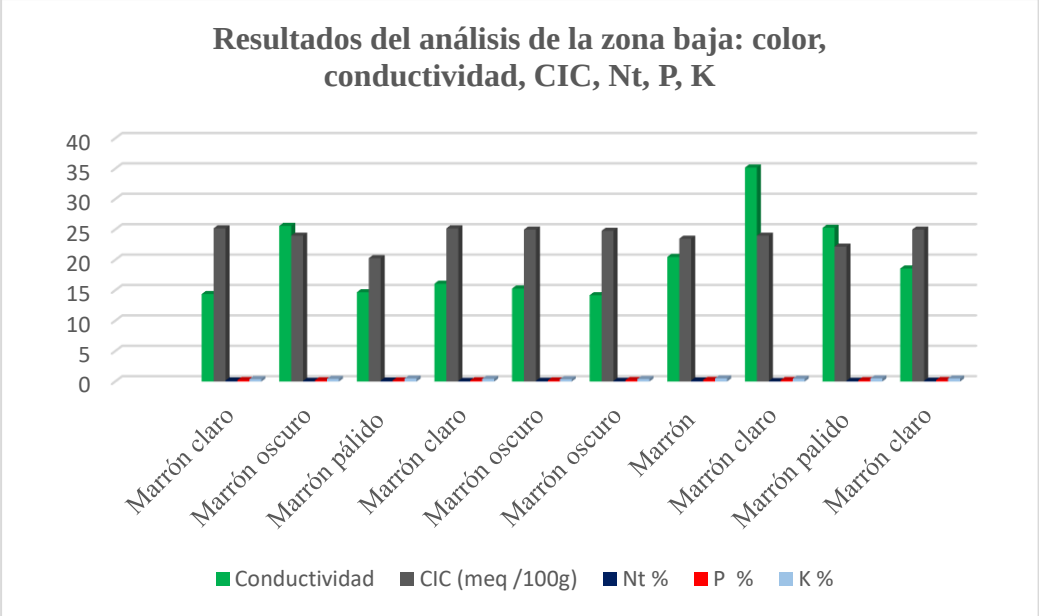


Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Tabla 6 *Resultados del análisis de la zona baja: color, conductividad., CIC, Nt, P, K*

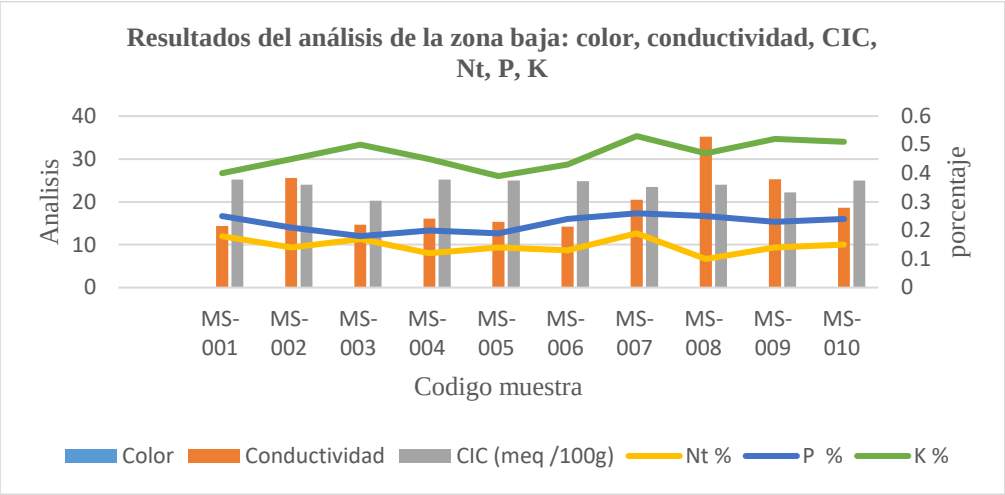
Código muestra	***Color***	***Conductividad $\mu S/Cm$***	***CIC* (meq /100g)**	***Nt %***	***P %***	***K %***
MS-001	Marrón claro	14.4	25.2	0.18	0.25	0.40
MS-002	Marrón oscuro	25.6	24.0	0.14	0.21	0.45
MS-003	Marrón pálido	14.7	20.3	0.17	0.18	0.50
MS-004	Marrón claro	16.1	25.2	0.12	0.20	0.45
MS-005	Marrón oscuro	15.3	25.0	0.14	0.19	0.39
MS-006	Marrón oscuro	14.2	24.8	0.13	0.24	0.43
MS-007	Marrón	20.5	23.5	0.19	0.26	0.53
MS-008	Marrón claro	35.2	24.0	0.10	0.25	0.47
MS-009	Marrón palido	25.3	22.2	0.14	0.23	0.52
MS-010	Marrón claro	18.6	25.0	0.15	0.24	0.51
Promedio		**19.99**	**23.92**	**0.146**	**0.22**	**0.46**

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)



Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Gráfico 2 *Resultados del análisis de la zona baja: color, conductividad, CIC, Nt, P, K*



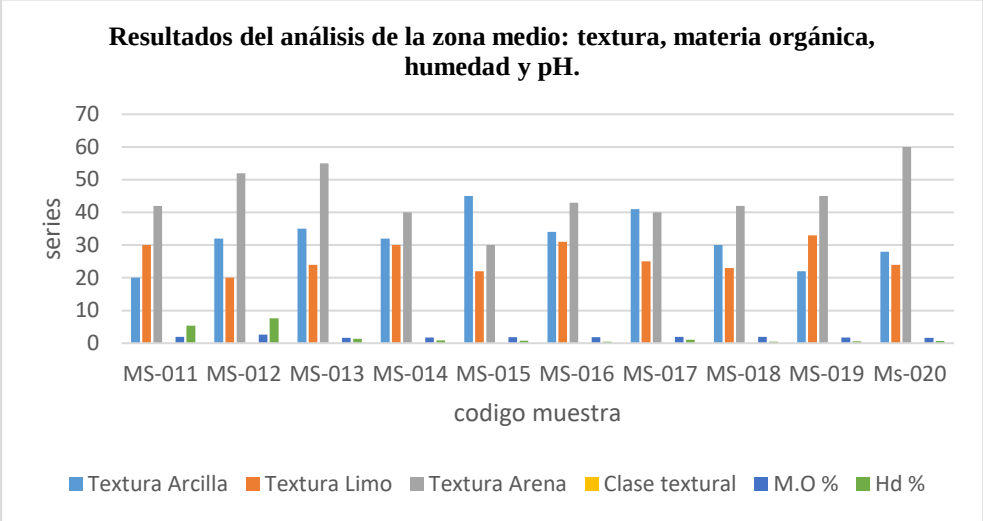
Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Tabla 7 *Resultados del análisis de la zona medio: textura, M.O, Hd y pH.*

Código muestra	***Textura***			***Clase textural***	***M.O %***	***Hd %***	***pH***
	Arcilla	**Limo**	**Arena**				
MS-011	20	30	42	franco	1.90	5.36	7.1
MS-012	32	20	52	Franco arcillo arenoso	2.60	7.61	6.5
MS-013	35	24	55	Franco arcillo arenoso	1.65	1.39	7.0
MS-014	32	30	40	Franco arcilloso	1.70	0.84	7.2
MS-015	45	22	30	Franco arcilloso	1.80	0.79	6.8
MS-016	34	31	43	Franco arcilloso	1.86	0.45	7.0
MS-017	41	25	40	Franco arcilloso	1.90	1.05	7.4
MS-018	30	23	42	Franco arcillo arenoso	1.90	0.43	7.7
MS-019	22	33	45	Franco	1.70	0.55	6.7
Ms-020	28	24	60	Franco arenoso	1.68	0.65	7.0
Promedio	***31.9***	***26.2***	***44.9***		***1.87***	***1.91***	***7.04***

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Gráfico 3 *Resultados del análisis de la zona medio: textura, M.O, Hd y pH.*

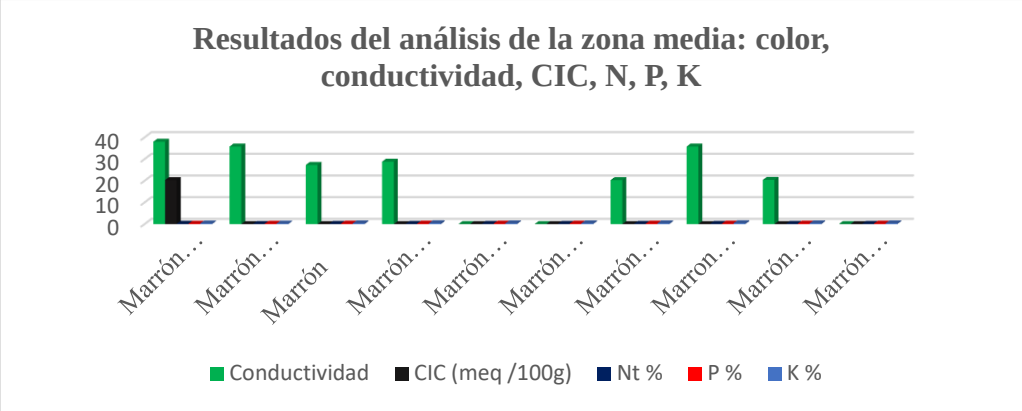


Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Tabla 8 *Resultados del análisis de la zona media: color, cond., CIC, N, P, K*

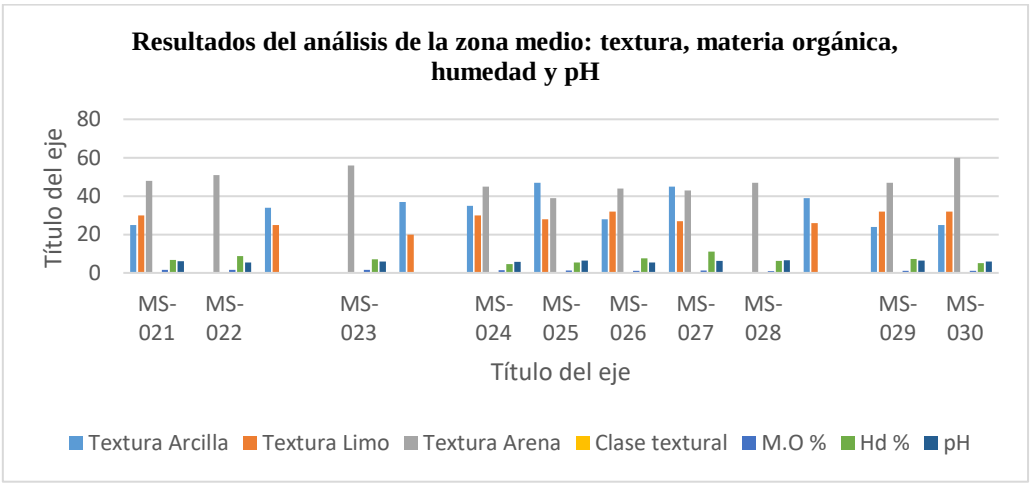
Código muestra	***Color***	***Conductividad $\mu S/Cm$***	***CIC* (meq /100g)**	***Nt %***	***P %***	***K %***
MS-011	Marrón claro	38	20.3	0.15	0.18	0.30
MS-012	Marrón oscuro	35.8	24,2	0.08	0.18	0.25
MS-013	Marrón	27.3	19,0	0.10	0.20	0.35
MS-014	Marrón rico	28.8	20,4	0.10	0.22	0.40
MS-015	Marrón claro	19,7	18,9	0.12	0.20	0.32
MS-016	Marrón claro	22,5	16,3	0.10	0.22	0.35
MS-017	Marrón claro	20.3	19,6	0.14	0.23	0.35
MS-018	Marron grisaceo claro	35.8	20,2	0.12	0.20	0.40
MS-019	Marrón claro	20.4	17,9	0.13	0.24	0.36
MS-020	Marrón rico	19,7	20,2	0.12	0.20	0.36
Promedio		**29.48**	**20.3**	**0.11**	**0.20**	**0.34**

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)



Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Gráfico 4 *Resultados del análisis de la zona media: color, cond., CIC, N, P, K*



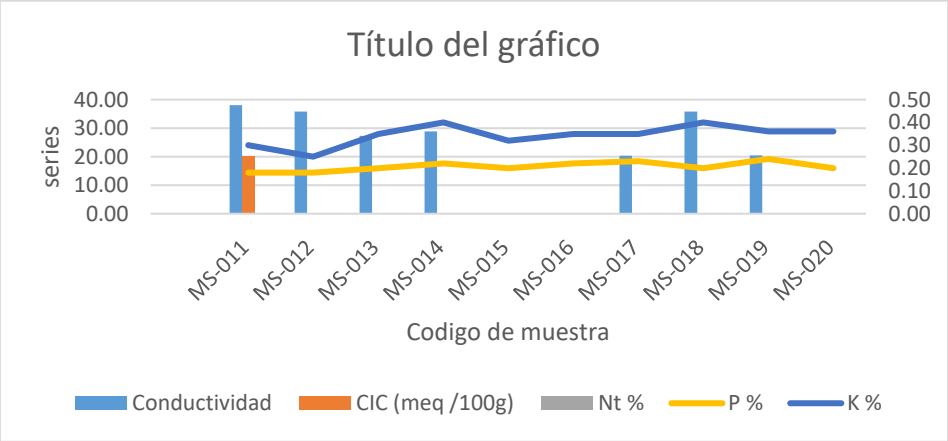
Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Tabla 9 *Resultados del análisis de la zona alta: textura, M.O, Hd y pH.*

Código muestra	Textura			Clase textural	M.O %	Hd %	pH
	Arcilla	**Limo**	**Arena**				
MS-021	25	30	48	Franco arcillo arenoso	1.55	6.742	6.1
MS-022	34	25	51	Franco arcillo arenoso	1.60	8.700	5.5
MS-023	37	20	56	Franco arcillo arenoso	1.60	7.104	6.0
MS-024	35	30	45	Franco arcilloso	1.50	4.612	5.7
MS-025	47	28	39	Franco arcilloso	1.20	5.430	6.5
MS-026	28	32	44	Franco	1.10	7.643	5.4
MS-027	45	27	43	Franco arcilloso	1.30	11.120	6.2
MS-028	39	26	47	Franco arcillo arenoso	1.00	6.222	6.6
MS-029	24	32	47	Franco	1.12	7.239	6.5
MS-030	25	32	60	Franco arenoso	1.06	5.030	6.0
Promedio	**33.9**	**28.2**	**48**		**1.30**	**6.98**	**6.05**

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Gráfico 5 *Resultados del análisis de la zona alta: textura, M.O, Hd y pH.*

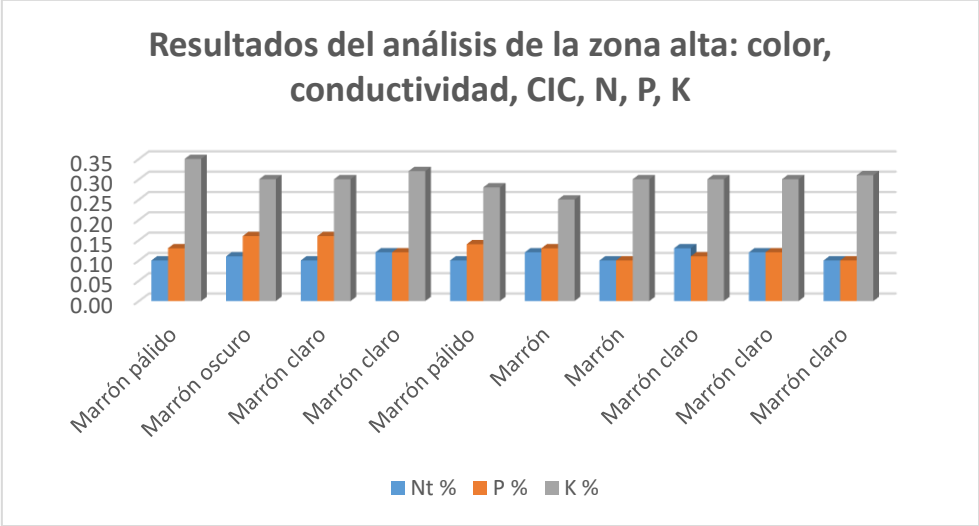


Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Tabla 10 *Resultados del análisis de la zona alta: color, cond., CIC, N, P, K*

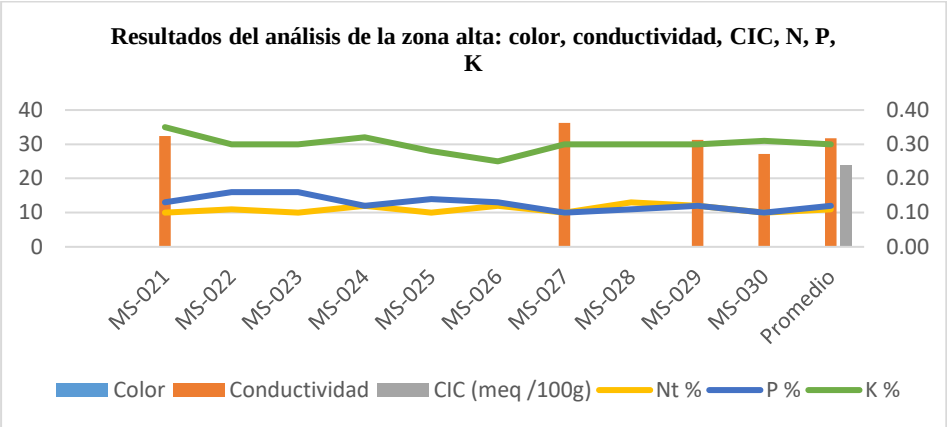
Código muestra	***Color***	***Conductividad $\mu S/Cm$***	***CIC* (meq /100g)**	***Nt %***	***P %***	***K %***
MS-021	Marrón pálido	32.4	26,2	0.10	0.13	0.35
MS-022	Marrón oscuro	27,9	24,6	0.11	0.16	0.30
MS-023	Marrón claro	24,9	19,2	0.10	0.16	0.30
MS-024	Marrón claro	32,5	25,4	0.12	0.12	0.32
MS-025	Marrón pálido	30,3	24,9	0.10	0.14	0.28
MS-026	Marrón	26,6	23,3	0.12	0.13	0.25
MS-027	Marrón	36.2	22,6	0.10	0.10	0.30
MS-028	Marrón claro	30,7	24,2	0.13	0.11	0.30
MS-029	Marrón claro	31.3	21,9	0.12	0.12	0.30
MS-030	Marrón claro	27.2	26,2	0.10	0.10	0.31
Promedio		***31.77***	***23.85***	***0.11***	***0.12***	***0.30***

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)



Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Gráfico 6 *Resultados del análisis de la zona alta: color, cond., CIC, N, P, K*



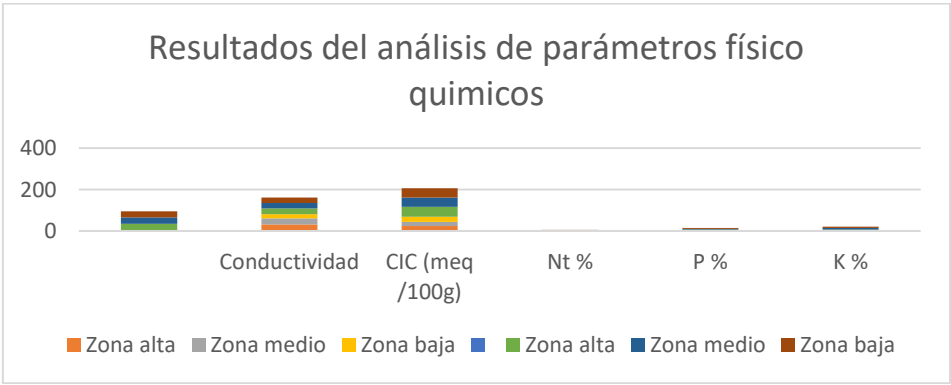
Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Tabla 11 *Resultados del análisis de parámetros físico químicos*

Zona		*Conductividad* $\mu S/Cm$	*CIC* (meq /100g)	*Nt %*	*P %*	*K %*
Zona alta		31.77	23.85	0.11	0.12	0.30
Zona medio		29.48	20.3	0.11	0.21	0.34
Zona baja		19.99	23.92	0.14	0.22	0.36
	Arcilla	Limo	Arena	M.O %	Hd %	pH
Zona alta	33.9	28.20	48.0	1.30	6.98	6.05
Zona medio	31.9	26.20	44.9	1.86	1.91	7.04
Zona baja	29.2	26.30	45.7	2.20	4.99	6.63

Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Gráfico 7 *Resultados del análisis de parámetros físico químicos*



Fuente: Elaboración por Estrella & Osorio (2024)

Tabla 12 *Grupos texturales*

SIMBOLO	*GRUPO*	*TEXTURA*
G	Gruesa	Arena Arena franca
MG	Moderadamente Gruesa	Franco Arenoso
M	Media	Franco Franco Limoso Limoso
MF	Moderadamente Fina	Franco arcilloso Franco arcilloso limoso Franco arcilloso arenoso
F	*Fina*	*Arcillo arenoso* *Arcillo limoso* *Arcilloso*

Fuente: D.S. N° 017-2009-AG.

4.3. Prueba de hipótesis

Esta investigación demostró que se cumple la hipótesis general ya que existe diferentes macro y micronutrientes lo cual indica el grado de fertilidad en los suelos de la comunidad campesina de Tapuc, tal como a demostrado el análisis de suelo en el laboratorio

4.4. Discusión de resultados

Textura. Está formada por las proporciones de arcilla, limo y arena en partículas con un diámetro de hasta 2 mm. Se considera la textura predominante en los primeros 100 cm de profundidad del suelo. Se presentan la textura de las tres zonas en concordancia con el cuadro 4.1. D.S. N° 017-2009-AG

Zona alta: La Tabla 4.7 nos indica, los resultados de analisis de textura de la zona alta que contienen promedio 33.9 **%** de arcilla, **28.2 %** de limo y **48.0 %** de arena la clase textural de estos suelos de la zona alta, son **franco arcilloso**. Segun el cuadro 4.1 se encuentra en el grupo **moderadamente fina**.

Estos suelos poseen características físicas que limitan el desarrollo adecuado de los cultivos, siendo los menos adecuados para la producción agrícola y pecuaria. Su capacidad para retener humedad es deficiente, ya que la superficie del suelo tiende

a impermeabilizarse. Aunque la riqueza y disponibilidad de nutrientes es favorable, estos suelos no son ideales para alcanzar altos rendimientos ni una productividad elevada. Para mantener su fertilidad en condiciones óptimas, se requiere ejecutar trabajos de un buen manejo de suelos (Villarroel 1998).

Zona medio: En la misma tabla se observa en la zona medio el resultado de analisis promedio es; **31.9 %** de arcilla, **26.2 %** de limo y **44.9 %** de arena, la clase textural de estos suelos de la zona medio, son **franco areno arcilloso**. En el cuadro que antecede este tipo de suelos se encuentra en el grupo **moderadamente fina**. Estos suelos poseen las características físicas óptimas para el desarrollo adecuado de los cultivos, siendo los más idóneos para la producción agrícola y ganadera. Su capacidad para retener la humedad es adecuada, y la disponibilidad de nutrientes es favorable. Los suelos con esta textura son perfectos para lograr altos rendimientos y una productividad elevada.

Zona baja: En la misma table se observa en la zona baja el resultado de analisis promedio **29.2** % de arcilla, **26.3** % de limo y **45.7** % de arena, la clase textural de estos suelos es **franco areno arcilloso**. Igual que la zona media estos suelos se encuentran en el grupo de **moderadamente fina**.

Los suelos presentan características físicas óptimas para el desarrollo adecuado de los cultivos, siendo los más adecuados para la producción agrícola y ganadera. Tienen una capacidad de retención de humedad adecuada, con un balance equilibrado entre arcilla, limo y arena, lo que favorece una buena disponibilidad de nutrientes. Este tipo de suelos es ideal para lograr altos rendimientos y una elevada productividad. Para mantener su fertilidad en condiciones óptimas, se requiere ejecutar trabajos de un buen manejo de suelos (Villarroel 1998).

Capacidad de intercambio catiónico. El intercambio catiónico es una de las propiedades químicas más relevantes del suelo, ya que afecta una amplia variedad de sus características. Los cationes cambiables influyen en la estructura del suelo, en su actividad biológica, en su régimen hídrico y gaseoso, en el pH, en los procesos edafogénicos de su formación. (Villa chica 1986). Según los resultados de análisis de laboratorio se tienen los valores del CIC, los mismos que se presentan para las tres zonas estudiadas.

Tabla 13 *Clasificación de la Capacidad de Intercambio catiónico de los suelos*

Clasificación	***Capacidad de intercambio catiónico meq/100g suelo seco***
Muy baja	<5
Baja	6-12
Moderada	13-25
Alto	26-40
Muy alto	*>40*

Fuente: D.S. N° 017-2009-AG.

Tabla 14 *Clasificación de la Capacidad de Intercambio catiónico de los suelos*

Textura de suelos	***Valores de CIC***
Suelos arenosos	1-5 meq/100g
Suelos francos	5-15 meq/100g
Suelos arcillosos	15-30 meq/100 g
Turba de sphagnum	100 meq/100 g
Valor extremo inferior	<5 meq/100 g
Valor extremo superior	>300 meq/100 g
Humus	*150 – 500 meq/100*

Fuente: D.S. N° 017-2009-AG.

Nivel alto: CIC **23.85** meq/100g se encuentra como **moderada** 13-25, se encuentran en el rango de textura como franco y francos arcillosos

Nivel medio: CIC **20.3** meq/100g se encuentra como **moderada** 13-25. se encuentran en el rango de textura como franco y francos arcillosos

Nivel bajo: CIC **23.92** meq/100g se encuentra como **moderada** 13-25. se encuentran en el rango de textura como franco y francos arcillosos

Tabla 15 *Calificación del pH del suelo*

Valores	Clasificación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Básico
8,5 – 9	Ligeramente alcalino
9,1 – 10	Alcalino
> 10	Fuertemente alcalino

Fuente: (FAO 2012)

Potencial de hidrogeno (pH): El pH de los suelos de la zona alta, tiene valor promedio de **6.05** por lo que clasifican como **ácido**. Los resultados sugieren que la acidez de los suelos podría verse afectada por los elevados niveles de óxidos de hierro y aluminio, así como por la escasa lixiviación de bases como el carbonato de calcio y magnesio. Las precipitaciones anuales superiores a 1500 mm, que impactan estas áreas, junto con el tipo de relieve, favorecen el lavado de bases del suelo (lixiviación), lo que provoca el reemplazo de los elementos alcalinos (Ca^{2+}, Mg^{2+}, P^{+} y K^{+}) por iones de hidrógeno (H^{+}).

El pH ácido trae como consecuencia efectos negativos para la fertilidad del suelo. A medida que este se haga más ácido aparecerán en más cuantía elementos antagónicos (Al^{3+}, Mn^{4+} y Fe^{3+}) a los nutrientes primarios (K^{+}, P^{+},N^{+}) lo que hará menos

eficiente el uso de los fertilizantes, ya que además de ser tóxicos para el cultivo y desfavorables para el desarrollo radicular de las plantas, en ellos se ve reducida la actividad microbiana (FAO 2012).

El pH de los suelos de la **zona media** indica el valor de **7.04** se encuentran en la clasificación **neutro**. Estos resultados indican que la neutralidad de los suelos puede estar influenciada por los altos contenidos de carbonatos, así comopor la fuerte lixiviación de las bases intercambiables debido a las altas precipitaciones superiores a los 1500 mm anuales que afectan estas áreas que favorecen la lixiviación de las bases de los suelos por tener relieves moderados, lo que ocasiona que los elementos alcalinos carbonato de calcio y magnesio y iones H+ se encuentran presentes

El pH neutro es favorable positivamente para la fertilidad del suelo. A medida que este se haga más básico aparecerán los nutrientes primarios (K^+, P^+,N^+) lo que hará más eficiente el uso de los fertilizantes, quienes, además de ser favorables para el cultivo, así como para el desarrollo radicular en las plantas, en ellos se ve incrementada la actividad microbiana (FAO 2012).

Los pH de los suelos de la **zona baja** se encuentran en promedio **6.63** por lo que clasifican como **ligeramente ácidos**, Los resultados sugieren que la acidez de los suelos puede estar influenciada por altos niveles de óxidos de hierro y aluminio, así como por una baja lixiviación de bases como el carbonato de calcio y magnesio. Además, las precipitaciones superiores a 1500 mm anuales que afectan estas áreas y el tipo de relieve favorecen el lavado de bases del suelo (lixiviación), lo que provoca el reemplazo de los elementos alcalinos (Ca^{2+}, Mg^{2+}, P^+ y K^+) por iones de hidrógeno (H^+).

El pH ácido trae como consecuencia efectos negativos para la fertilidad del suelo. A medida que este se haga más ácido aparecerán en más cuantía elementos antagónicos (Al^{3+}, Mn^{4+} y Fe^{3+}) a los nutrientes primarios (K^+, P^+,N^+) lo que hará

menos eficiente el uso de los fertilizantes, ya que además de ser tóxicos para el cultivo y desfavorables para el desarrollo radicular de las plantas, en ellos se ve reducida la actividad microbiana (FAO 2012).

Humedad: Los resultados del porcentaje de humedad de los suelos de la Comunidad Campesina de Tápuc determinados en las tres zonas: zona alta 6.98 %, zona medio 1.91 %, zona baja 4.99 %.

Color del suelo. La tabla, muestra el resultado de la notación y significado del color en seco, el color del suelo es una característica que permitió identificar el origen de los materiales que formaron los suelos agrícolas en la Comunidad de Tapuc..

Tabla 16 *Interpretación de análisis de nitrógeno total*

Nitrógeno %	Clasificación
0 – 0,10	Muy pobre
0,10 – 0,15	Pobre
0,15 – 0,25	Medio
0,25 – 0,30	Rico
< 0,30	Muy rico

Fuente: Según FAO (2012)

Tabla 17 *Clasificación del contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio*

Clasificación	Fósforo %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %
Bajo	0 – 0,12	0 – 0,12	0 – 2,51	0 – 0,4
Medio	0,12 – 0,30	0,12 – 0,30	2,51 – 6,0	0,4 – 0,8
Alto	< 0,30	< 0,30	< 6,0	< 0,8

Fuente: Según FAO (2012)

Los valores de nitrógeno, fósforo y potasio constituyen la composición del abono natural (Tabla 4.8). En caso de existir déficit de alguno de estos elementos, o encontrarse en porcentajes bajos, puede considerarse desde elpunto de vista químico como un suelo infértil (Yakabi 2014).

Tabla 18 *Clasificación según contenido de nitrógeno, fósforo y potasio*

Muestras	***N t %***	***Clasif.***	***P %***	***Clasif.***	***K%***	***Clasif.***
Zona alta	**0.11**	pobre	**0.12**	medio	**0.30**	Bajo
Zona medio	**0.11**	pobre	**0.21**	medio	**0.34**	Bajo
Zona baja	***0.14***	*pobre*	***0.22***	*medio*	***0.46***	*Bajo*

Fuente: Elaboración por los tesistas

Nitrogeno: Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los suelos con un contenido de nitrógeno entre 0 % y 0,1 % se consideran muy pobres. En el área estudiada, el nitrógeno se encontró en un 0,11 % en la zona alta, y en 0,11 % y 0,14 % en las zonas media y baja, respectivamente, lo que clasifica a las tres zonas como muy pobres en este elemento. Los niveles bajos de nitrógeno afectan negativamente el desarrollo de las plantas, ya que este nutriente es esencial para la formación de aminoácidos, proteínas y enzimas, lo que lo convierte en un factor clave para el crecimiento vegetal. Por lo visto para una agricultura eficiente hace falta agregar este nutriente en gran cantidad.

El fósforo, después del nitrógeno, es el macronutriente que limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular, contribuye al desarrollo de las raíces, las plántulas y mejora su resistencia a las bajas temperaturas. Los valores de fósforo se encuentran en la siguiente relación: zona alta **0.12**, zona medio **0.21** y zona baja **0.22** %, respectivamente clasificando los suelos como de **bajo** contenido según los parámetros establecidos por la FAO.

Potasio: Son suelos con bajo contenido de potasio, según la FAO, en las tres zonas muestradas y analizadas el porcentaje de potasio fue: zona alta **0.30**, zona medio **0.34** y zona baja **0.46** %, respectivamente lo cual indica que el contenido de este elemento en las tres zonas es **alto**. El potasio juega un papel múltiple, ya que mejora la actividad fotosintética; aumenta la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades; y

promueve la síntesis de lignina. Interviene, además, en la maduración, fructificación y calidad de los frutos.

Fertilidad del suelo

Tabla 19 *Resumen de los parámetros físico y químico del estudio de suelos*

Zona		***Conductividad*** $\mu S/Cm$	***CIC* (meq /100g)**	***Nt %***	***P %***	***K %***
Zona alta		31.77	23.85	0.11	0.12	0.30
Zona medio		29.48	20.3	0.11	0.21	0.34
Zona baja		19.99	23.92	0.14	0.22	0.36
	Arcilla	**Limo**	**Arena**	**M.O %**	**Hd %**	**pH**
Zona alta	33.9	28.20	48.0	1.30	6.98	6.05
Zona medio	31.9	26.20	44.9	1.86	1.91	7.04
Zona baja	29.2	26.30	45.7	2.20	4.99	6.63

Nivel de fertilidad del suelo (D.S. N° 017-2009-AG). Analizando los resultados de las tablas de las zonas estudiadas, donde se aprecia la fertilidad de los suelos agrícolas de la comunidad campesina de Tapuc, y teniendo en consideración las características de las propiedades físicas y químicas tales, se tiene los siguientes niveles de fertilidad:

Zona alta: los resultados; Conductividad 31.77, CIC 23.85, (pH) del suelo de **6.05 es neutro**, materia orgánica de **1.30** %, es bajo, humedad 6.98 % es suelo seco, el fosforo disponible 0.12 es bajo, k promedio disponible de 0.30 es bajo. las condiciones climatológicas no son favorables para cultivos en épocas no lluviosas por tanto el nivel de **fertilidad es baja**.

Zona medio: los resultados; Conductividad 29.48, CIC 23.92, (pH) del suelo de **7.04 es neutro**, materia orgánica de **1.86** %, es bajo, humedad 1.91 % es suelo muy seco, el fosforo disponible 0.21 es bajo, k promedio disponible de 0.34 es bajo. las

condiciones climatológicas no son favorables para cultivos en épocas no lluviosas por tanto el nivel de **fertilidad es baja.**

Zona baja: los resultados; Conductividad 19.99, CIC 23.92, (pH) del suelo de **6.63 es neutro**, materia orgánica de **2.20** %, es bajo, humedad **4.99** % es suelo seco, el fosforo disponible **0.22** es bajo, k promedio disponible de **0.36** es bajo. las condiciones climatológicas no son favorables para cultivos en épocas no lluviosas por tanto el nivel de **fertilidad es baja.**

Fertilidad alta: Todos los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y/o potasio son altos

Fertilidad media: Cuando alguno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es medios los demás son altos.

Fertilidad baja: Cuando por lo menos uno de los contenidos de materia Orgánica, fósforo y/o potasio es bajo

Tabla 20 *Parámetros de la fertilidad del suelo*

NIVEL	*M.O (%)*	*P Disponible (Ppm)*	*K Disponible (Ppm)*
ALTO	> 4	>14	>240
MEDIO	2-4	7-14	100-240
BAJO	<2	<7	<100

Fuente: D.S. N° 017-2009-AG.

CONCLUSIONES

Luego de concluido el trabajo de investigación se evaluó las características físico-químicas de los suelos de la comunidad de Tápuc. Los mismos que se encuentran los resultados en la tabla siguiente son las que determinan el grado de fertilidad en las tres zonas de estudio.

Zona	*M.O %*	*Hd %*	*pH*	*Cond. uS/cm*	*CIC meq/100g*	*Nt %*	*P %*	*K %*
Alta	1.3	6.98	6.05	31.77	23.85	0.11	0.12	0.3
Medio	1.87	1.91	7.04	29.48	20,30	0.11	0.2	0.34
Bajo	2.2	4.99	6.63	19.99	23.92	0.14	0.22	0.46

Se clasificó los suelos de acuerdo a su grado de fertilidad, según la tabla que antecede. Por los valores de pH, se clasifican en. Zona baja ligeramente ácido, zona medio neutro y zona alta ácido. Por resultados de materia orgánica las tres zonas son de baja fertilidad. Por la humedad las tres zonas son muy secos. El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio se encuentra en niveles críticos, lo que evidencia la baja fertilidad natural de los tres suelos.

RECOMENDACIONES

- 1. Se recomienda realizar investigaciones para establecer la formulación de fertilización de los suelos para diferentes zonas estudiadas.
- 2. Se recomienda realizar investigaciones de climas en diferentes estaciones para proponer sembríos alternativos.
- 3. Se recomienda Realizar la rotación de cultivos, con preferencia introducir el cultivo de leguminosas para incrementar el contenido de los macronutrientes N, P, K.
- 4. Se recomienda Practicar manejo y conservación de los suelos para incrementar la producción y productividad de los principales cultivos de la comunidad campesina de Tápuc.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Chaparro Lujan, J. C., & Najera Huidobro, H. I. (2022). *Caracterización de las Propiedades Físicas, Químicas y Rango de NPK para Establecer el Nivel de Fertilidad de los Suelos Agrícolas de la Comunidad Campesina de Chacayan – Provincia Daniel Alcides Carrión – Región Pasco* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3070

León Valdivieso, Y. J., Ojeda Quintana, L. J., Aquila Martínez, A., & Bernal Carrazana, y. (2023). *Propiedades físicas y Componentes de la Fertilidad del Suelo en la Finca Maripa, Cumanayagua, Cienfuegos*. *11*(2), 141–149.

Pariona Benavides, L. (2023). *Niveles de fertilidad e Indicadores P-E-R en la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agrícolas en el Distrito de Chupaca- 2020.* [Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/9329/t010_19919180_d.pdf?sequence=4

Reátegui Hidalgo, E. T., & Shapiama Chashnamote, A. (2023). *Mejoramiento de la Fertilidad de Suelos de Cultivos de Arroz Mediante el Uso del Biochar en Tarapoto, San Martin 2023* [Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/111960

Reyes Cabrera, Y., Borges Terrero, Y., Hernández Jatib, N., García cruz, S., & Villazón Gómez, J. A. (2023). *Caracterización Química de Suelos de uso Agrícola en una Unidad de Producción Agroalimentaria de MOA*. *39*(1), 44–54.

Rojas Huaccollo, W. (2019). *Clasificación de Suelos de uso Mayor en el Ordenamiento Territorial de la Comunidad Campesina de Silco – Antabamba – Apurimac – 2013.* [Universidad Tecnológica de los Andes]. https://hdl.handle.net/20.500.14512/242

Sifuentes Maguiña, R. P. (2020). *Diagnostico de la Fertilidad de los Suelos Agrícolas Del Distrito de Pueblo Libre, Huaylas - Ancash – 2020.* [Universidad Nacional "Santiago Antúnez y

Suquilanda, M. 2008: El Deterioro de los Suelos en el Ecuador y la Producción Agrícola. En: XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia del Suelo. Consultado: 14/03/2023. Disponible en: http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf.

Muñiz, O. 2015: 50 Aniversario del Instituto de suelos de Cuba. Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, 5(2): 9.

Pérez-Jiménez, J. M.; Hernández-Jiménez, J. M. y Bosch-Infante, D. 2010: Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Mesa redonda Impartida durante el VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. La Habana.

Sánchez, S. 2011: Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. Pastos y Forrajes, 34(4): 12.

Vistoso Cacitua E. & Martínez Lagos Josue (2022). Importancia de la Fertilidad del Suelo en la

Producción Agropecuaria, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Informativo INIA Remehue N° 291.

Prudencio Conde y Riballo (2010). Ética general - Tomo I - Biblioteca Virtual Universal www.biblioteca.org.ar

Cruz Balcázar, R., Volke Haller, V., Turrent Fernández, A, & Pájaro Huertas, D., (1998) Clasificación de Tierras Campesina para la Generación y Transferencia de Tecnología Agrícola entre pequeños productores - Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

López Falcón, R; (2002). Degradación del Suelo - Centro Interamericano de Desarrollo E Investigación Ambiental y Territorial Universidad De Los Andes Mérida, Venezuela

Fajardo Cano, M. D; (2017). Sistemas de producción indígenas en suelos degradados: Caso San Sebastián y sus chagras (Leticia, Amazonas) - Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia Leticia, Colombia.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Para la investigación titulada «Clasificación de los suelos de la Comunidad Campesina de Tápuc, según el grado de fertilidad natural», se utilizaron instrumentos destinados a registrar, organizar y analizar la información obtenida durante el trabajo de campo y los análisis de laboratorio.

De acuerdo con el contenido metodológico de la tesis, los principales instrumentos son los siguientes:

N.º	Instrumento	Utilidad en la investigación
1	Guía para la toma de muestras de suelo	Orientar la recolección de muestras y su manejo adecuado.
2	Ficha de recolección de datos	Registrar los datos obtenidos durante el trabajo de campo y los resultados de laboratorio.
3	Guía para la descripción y clasificación de suelos	Anotar observaciones e información relevante durante el trabajo de campo.
4	Cuaderno de notas	Organizar y registrar la información recopilada.
5	Formulario para el llenado de datos	

se emplearon también los equipos de campo y laboratorio y para la determinación de las propiedades físicas y químicas de las muestras.

Materiales, Equipos e Instrumentos	**utilizado**
Guía para la descripción y clasificación de suelos	✓
Cuaderno de notas,	✓
Formulario para llenado de datos	✓
Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	✓
pHmetro/conductivimetro, soluciones estándar	✓
Pala, azadón, picota, barreno y martillo	✓
Balanza analítica de 4 dígitos	✓
Balanza de precisión	✓
Equipo Absorción atómica	✓
Espectrofotómetro UV	✓
Destilador de agua	✓
Termómetro	✓
Mufla	✓
Lupa (x10)	✓
Botella con agua potable y destilada.	✓
Botella con solución KCL o $CaCl_2$	✓
Agua, para medición de pH o CE.	✓
Gotero con 10 % de HCl	✓
Gotero con solución indicador de pH fenolftaleina	✓
Gotero con NaF ajustada a pH 7,5	✓
Bolsas de polietileno	✓
Fialas de vidrio de 50, 100, 1000 mL	✓
Papel de filtro	✓
Pipetas graduales de vidrio de 5, 10 ml	✓
Probetas de vidrio de 50,100, 500 mL	✓
Varillas agitadoras	✓

La información recopilada permitió registrar los resultados de los parámetros evaluados y realizar la clasificación de los suelos de las zonas alta, media y baja de la Comunidad Campesina de Tápuc, de acuerdo con su grado de fertilidad natural.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TAPUC, SEGÚN SU GRADO DE FERTILIDAD NATURAL".			
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL.	VARIABLES DEPENDIENTE. Fertilidad de suelos
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS.	VARIABLES INDEPENDIENTE.
¿Cuáles serán las características físicas y químicas de los suelos de la comunidad Campesina de Tápuc? *¿Cómo se clasificarán los suelos de la comunidad Campesina de Tápuc, según su grado de fertilidad?*	*Evaluar las características físico-químicas de los suelos de la comunidad de Tápuc.* *Clasificar los suelos de acuerdo a su grado de fertilidad.*	*Los suelos de la Comunidad Campesina de Tápuc ubicado en el distrito de mismo nombre, presentan diferentes características físicas y químicas.* *Los suelos de la comunidad campesina de Tápuc presentan diferentes grados de fertilidad.* . .	CARACTERISTICAS FISICAS *Color de suelo* *Textura* *materia orgánica* *Conductividad* CARACTERISTICAS QUIMICAS *pH* *Nitrógeno* *Fosforo* *Potasio* *Capacidad de intercambio catiónico*

PANEL FOTOGRAFICO



FOTOGRAFÍA N° 01 (HERRAMIENTAS Y MATERIALES)



FOTOGRAFÍA N° 02 (CAVADO DE HOYO PARA OBTENCION DE MUESTRA)



FOTOGRAFÍA N° 03 (CAVADO DE HOYO PARA OBTENCION DE MUESTRA)



FOTOGRAFÍA N° 04 (CAVADO DE HOYO PARA OBTENCION DE MUESTRA)



FOTOGRAFÍA N° 05 (MEDICION DE HOYO PARA MUESTRA)



FOTOGRAFÍA N° 06 (EXTRACCION DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 07 (PESADO DE MUESTRA DE SUELO)



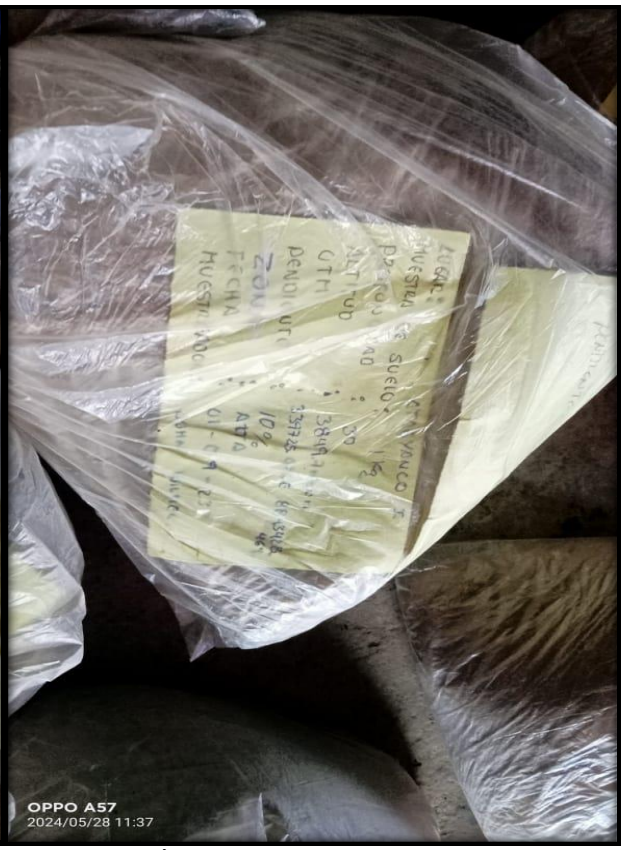
FOTOGRAFÍA N° 08 (ROTULADO DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 09 (EXTRACCION DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 10 (PESADO DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 11 (CODIFICACION DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 12 (EXTRACCION DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 13 (EXTRACCION DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 14 (ACOPIADO DE MUESTRA DE SUELO)



FOTOGRAFÍA N° 15 (EQUIPO DE MUESTREO)



FOTOGRAFÍA N° 16 (EQUIPO DE MUESTREO)



FOTOGRAFÍA N° 17 (SECADO DE MUESTRAS)



FOTOGRAFÍA N° 18 (DIGESTIÓN DE MUESTRAS)



FOTOGRAFÍA N° 19 (ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA)



FOTOGRAFÍA N° 20 (ANÁLISIS POTASIO)



FOTOGRAFÍA N° 21 (ANÁLISIS DE FOSFORO)



FOTOGRAFÍA N° 22 (MULTIPARÁMETRO)



FOTOGRAFÍA N° 23 (ESTUFA DE CALENTAMIENTO)



FOTOGRAFÍA N° 24 (BALANZA DE PRECISION)



FOTOGRAFÍA N° 25 (MULTIPARAMETRO)



FOTOGRAFÍA N° 26 (BALANZA ANALITICA)



FOTOGRAFÍA N° 27 (TAMIZADOR)



FOTOGRAFÍA N° 28 (CAMPANA DE EXTRACCION DE GASES)



FOTOGRAFÍA N° 29 (DETERMINACIÓN DE HUMEDAD)



FOTOGRAFÍA N° 30 (PREPARACION DE MUESTRA)



FOTOGRAFÍA N° 31 (DETERMINANDO EL COLOR)



FOTOGRAFÍA N° 32 (ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA)