

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Tesis

Características edáficas del suelo dedicado al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023

Asesor:

M.Sc. Caballero Ramírez, Sandra Creceida

Autor:

Quispe Oscco, Hernan

Para optar el Título Profesional: Ingeniero Agrónomo

Abancay - Apurímac – Perú

2024

Acta de sustentación



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N° 008-2024-UTEA-FI-DEPA.

Reunidos el Jurado Examinador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| ➤ Ing. Rosa E. MARRUFO MONTOYA | PRESIDENTE DE JURADO |
| ➤ Ing. Jorge L. VÍLCHEZ CASAS | DICTAMINANTE |
| ➤ Mg. Epifanio ACHAHUE CCASANI | REPLICANTE |

El aspirante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

Bachiller: QUISPE OSCCO, HERNAN.

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, respecto al Examen de Sustentación, para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.


SUSTENTACIÓN DE TESIS denominado: “**Características edáficas del suelo dedicado al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023**”.


Habiendo aprobado con la nota de **QUINCE (15)**.

Se extiende, conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en el tomo III de los folios N° 198 y 199.

Abancay, 17 de octubre del 2024.


Ing. Rosa E. MARRUFO MONTOYA
PRESIDENTE DEL JURADO


Ing. Jorge L. VÍLCHEZ CASAS
DICTAMINANTE


Mg. Epifanio ACHAHUE CCASANI
REPLICANTE

C.c.
Archivo

Reporte de similitud

Características edáficas del suelo dedicado al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

21 %

FUENTES DE INTERNET

5 %

PUBLICACIONES

11 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	doi.org Fuente de Internet	2 %
2	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	2 %
3	www.plusformacion.com Fuente de Internet	1 %
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
5	www.intagri.com Fuente de Internet	1 %
6	investigacion.unirioja.es Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	archive.org Fuente de Internet	1 %

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Quispe Oscoco Hernan
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	71586836
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0001-0933-2787
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Caballero Ramírez Sandra Creceida
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	43318916
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0002-1998-2409
Datos de la investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Agronomía
Línea de investigación	:	Agricultura y Ambiente
Rango de años en la que se realizó la investigación	:	2023 - 2024
Nota de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	21%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06

Dedicatoria

A Dios, por su guía, por concederme sabiduría y fortaleza, y por proteger mis pasos para alcanzar este anhelado logro.

Quiero expresar mi gratitud a mi padre, Alejandro Quispe Maucaylle, por su apoyo constante, por inculcarme valores fundamentales y por ofrecerme la oportunidad de recibir una educación de calidad.

A mi madre, Lucía Oscco Sullca, quien con su dedicación y trabajo me enseñó a ser una persona perseverante, valiente y esforzada, cualidades que me han permitido alcanzar esta meta.

A mis hermanas, Clotilde y Esperanza, por sus valiosos consejos y apoyo moral, motivándome a mejorar cada día.

A mi esposa, Anali Serna Naveros, quien desde el inicio de mi carrera me alentó a no rendirme, impulsándome siempre a cumplir el objetivo de convertirme en un excelente profesional.

A mi hija Jhana, quien es mi inspiración diaria, siendo para ella un ejemplo de superación.

Hernan

Agradecimientos

Expreso mi gratitud a la Universidad Tecnológica de los Andes, a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela Profesional de Agronomía por haberme brindado los conocimientos necesarios y la oportunidad de iniciar, formarme y culminar mi vida profesional.

Agradezco también a mi asesora de tesis, M.Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez, quien, con paciencia y dedicación, me ofreció sus conocimientos, orientaciones y enseñanzas, siendo una guía fundamental para la conclusión de esta investigación.

A mis docentes por sus consejos, observación y colaboración en el desarrollo profesional y personal.

De manera especial mis gratitudes a los presidentes de las comunidades campesinas de Chullcuisa : Cesar Maucaylle Huaylla; Choccecancha: Celio Cardenas Oscco y Cupisa: Carlos Sanchez Chipana de la provincia de Andahuaylas y departamento de Apurímac, por cooperar con la información requerida para la investigación.

Hernan

Resumen

El presente trabajo de investigación plantea como objetivo evaluar las características edáficas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, Apurímac 2023, para ello se ha realizado un estudio de tipo descriptivo considerando como población 456 productores de este tubérculo de las tres comunidades y una muestra significativa de 218 agricultores con un muestreo estratificado. Mediante la observación directa e indirecta, se ha llegado a los siguientes resultados: Que todas las comunidades tienen un contenido de arena por encima del nivel ideal del 45%, en cuanto al contenido de limo, Chullcuisa está cerca del nivel ideal del 40%, mientras que Choccecancha y Cupisa están ligeramente por debajo, sin embargo, todas comparten la misma clase textural franco arenosa, lo que proporciona un equilibrio adecuado entre drenaje, retención de agua y aireación. En el análisis de la composición química del suelo revela variaciones significativas en el pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales entre las comunidades, mientras que Chullcuisa y Cupisa muestran un alto contenido de fósforo, Choccecancha muestra una necesidad potencial de suplementar este nutriente. En términos microbiológicos, se identifican relaciones beneficiosas y perjudiciales entre hongos en las diferentes comunidades, lo que puede influir en la salud y productividad del cultivo de papa, en el análisis de la producción de papa en estas comunidades revela un promedio de 14243.12 Kg/ha.

Palabras clave: Características edáficas, suelo, cultivo papa.

Abstract

The objective of this research work is to evaluate the edaphic characteristics of the soil dedicated to the cultivation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in the Chullcuisa, Choccecancha and Cupisa communities of the province of Andahuaylas, Apurímac 2023, for this purpose a study of descriptive type considering as the population 456 producers of this tuber from the three communities and a significant sample of 218 farmers with stratified sampling. Through direct and indirect observation, the following results have been reached: That all communities have a sand content above the ideal level of 45%, in terms of silt content, Chullcuisa is close to the ideal level of 40%, while Choccecancha and Cupisa are slightly below, however, they all share the same sandy loam textural class, which provides an adequate balance between drainage, water retention and aeration. The analysis of the chemical composition of the soil reveals significant variations in pH, electrical conductivity, organic matter content and essential nutrients between the communities, while Chullcuisa and Cupisa show a high phosphorus content, Choccecancha shows a potential need to supplement this nutrient. In microbiological terms, beneficial and harmful relationships are identified between fungi in different communities, which can influence the health and productivity of the potato crop. The analysis of potato production in these communities reveals an average of 14,243.12 Kg/ha.

Keywords: Edaphic characteristics, soil, potato cultivation

Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Acta de sustentación.....	ii
.....	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice.....	ix
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Figuras.....	xv
I. Introducción.....	18
II. Planteamiento del problema.....	19
2.1. Descripción y formulación del problema.....	19
2.1.1. Problema general.....	20
2.1.2. Problemas específicos.....	20
2.2. Objetivos.....	20
2.2.1. Objetivo general.....	20
2.2.2. Objetivos específicos.....	20
2.3. Justificación de la investigación.....	21
2.4. Hipótesis.....	22
2.4.1. Hipótesis general.....	22
2.4.2. Hipótesis específicos.....	22
2.5. Variable.....	22

2.5.1. Variable : Características edáficas del suelo.....	22
2.5.2. Operacionalización de variables.....	24
III. Marco Teórico.....	25
3.1. Antecedentes.....	25
3.2. Bases teóricas.....	28
3.2.1. La papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	28
3.2.1.1. Origen de la papa.....	28
3.2.1.2. Clasificación taxonómica de la papa.....	28
3.2.1.3. Morfología del cultivo de papa.....	29
3.2.1.4. Exigencias edafoclimáticas del cultivo de papa.....	30
3.2.1.5. Principales plagas y enfermedades en el cultivo de papa.....	32
3.2.1.6. Características edáficas del suelo.....	35
3.3. Definición de términos.....	44
IV. Metodología.....	48
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	48
4.1.1. Tipo de investigación.....	48
4.1.2. Nivel de investigación.....	48
4.1.3. Metodología de la investigación.....	48
4.2. Ámbito temporal y espacial.....	50
4.2.1. Ámbito temporal.....	50
4.2.2. Ámbito espacial.....	50
4.3. Población y muestra.....	50
4.3.1. Población.....	50
4.3.2. Muestra.....	51
4.3.3. Muestreo.....	52
4.4. Instrumentos.....	52
4.5. Procesamientos.....	52
4.6. Análisis de datos.....	53

4.7. Consideraciones éticas.....	53
V. Resultados y discusión.....	55
5.1. Resultados.....	55
5.1.1. Propiedades física del suelo dedicado al cultivo de papa.....	55
5.1.2. Propiedades químicas del suelo dedicado al cultivo de papa.....	61
5.1.3. Propiedades microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa.....	74
5.1.4. Características de la producción de papa en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	77
5.2. Discusión.....	92
VI. Conclusiones.....	94
VII. Recomendaciones.....	97
VIII. Referencias.....	98
IX. Anexos.....	101
A) Matriz de consistencia.....	101
B) Instrumento de recolección de información.....	104
C) Base de datos del análisis de suelos.....	117
D) Evidencias.....	133
E) Análisis de laboratorio.....	142
F) Padrón general de socios.....	148

Índice de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	24
Tabla 2: Ubicación geográfica de las Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	54
Tabla 3: Muestra por estratos.....	55
Tabla 4: Contenido de Arena (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	59
Tabla 5: Contenido de Limo (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	60
Tabla 6: Contenido de Arcilla (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	61
Tabla 7: Clase textural del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	62
Tabla 8: Estructura del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	63
Tabla 9: Porosidad (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	64
Tabla 10: pH del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	65
Tabla 11: Conductividad eléctrica (CE) (dS/m) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	66
Tabla 12: Contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	67
Tabla 13: Contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	68
Tabla 14: Contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	70
Tabla 15: Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	71
Tabla 16: Contenido de Calcio (Ca ⁺²) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	72

Tabla 17: Contenido de Magnesio (Mg ⁺²) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	73
Tabla 18: Contenido de <i>Potasio</i> (K ⁺) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	75
Tabla 19: Contenido de Sodio (Na ⁺) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	76
Tabla 20: Contenido de Aluminio (Al-3+H-) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	77
Tabla 21: Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	78
Tabla 22: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué extensión de papa siembra usted (ha)?.....	81
Tabla 23: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué variedades de papa siembra?.....	82
Tabla 24: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿De dónde adquiere usted la semilla de la papa?.....	83
Tabla 25: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cómo realiza la preparación del terreno para la siembra de papa?.....	84
Tabla 26: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Utiliza desinfectante de semilla?.....	85
Tabla 27: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué tipo de fertilizante o abonos orgánicos utiliza para la producción de papa?.....	86
Tabla 28: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cuáles son las plagas de mayor incidencia en el cultivo de papa?.....	87
Tabla 29: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cual es el daño ocasionada pos estas plagas?.....	88
Tabla 30: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué enfermedades se presentan en el cultivo de papa?.....	89
Tabla 31: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cuál es el rendimiento de papa por hectárea (Kg/ha)?.....	90
Tabla 32: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cómo calificaría la calidad de los tubérculos producidos?.....	91

Tabla 33: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué prácticas sostenibles ha implementado en su producción de papa?.....	92
Tabla 34: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿A qué mercado comercializa la producción de papa?.....	94
Tabla 35: Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cuál el precio de venta del tubérculo?	95
Tabla 36: Base de datos del análisis de suelos.....	119
Tabla 37: Base de datos de la encuesta.....	119

Índice de Figuras

Figura 1: Triangulo textural del suelo.....	40
Figura 2: Composición biológica del suelo.....	46
Figura 3: Contenido de Arena (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	60
Figura 4: Contenido de Limo (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	61
Figura 5: Contenido de Arcilla (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	62
Figura 6: Porosidad (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	65
Figura 7: pH del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	66
Figura 8: Conductividad eléctrica (CE) (dS/m) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	67
Figura 9: Contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	68
Figura 10: Contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	69
Figura 11: Contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	71
Figura 12: Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	72
Figura 13: Contenido de Calcio (Ca^{+2}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	73
Figura 14: Contenido de Magnesio (Mg^{+2}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	74
Figura 15: Contenido de Potasio (K^{+}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	76
Figura 16: Contenido de Sodio (Na^{+}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	77

Figura 17: Contenido de Aluminio (Al ³⁺) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.....	78
Figura 18: Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa (<i>Pythium sp</i>).....	79
Figura 19: Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa (<i>Mucor sp</i>).....	80
Figura 20: Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa (<i>Penicillium sp</i>).....	80
Figura 21: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué extensión de papa siembra usted (ha)?.....	81
Figura 22: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué variedades de papa siembra?	82
Figura 23: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿De dónde adquiere usted la semilla de la papa?.....	83
Figura 24: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cómo realiza la preparación del terreno para la siembra de papa?.....	85
Figura 25: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Utiliza desinfectante de semilla?..	86
Figura 26: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué tipo de fertilizante o abonos orgánicos utiliza para la producción de papa?.....	87
Figura 27: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cuáles son las plagas de mayor incidencia en el cultivo de papa?.....	88
Figura 28: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cual es el daño ocasionada pos estas plagas?.....	89
Figura 29: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué enfermedades se presentan en el cultivo de papa?.....	90
Figura 30: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cuál es el rendimiento de papa por hectárea (Kg/ha)?.....	91
Figura 31: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cómo calificaría la calidad de los tubérculos producidos?.....	92
Figura 32: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué prácticas sostenibles ha implementado en su producción de papa?.....	93

Figura 33: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿A qué mercado comercializa la producción de papa?.....	94
Figura 34: Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cuál el precio de venta del tubérculo?.....	95
Figura 35: Información sobre el proyecto de tesis a los comuneros de la comunidad de Chulcuisa.....	127
Figura 36: Levantamiento de encuestas en Chulcuisa.....	127
Figura 37: Levantamiento de encuestas en Cupisa.....	128
Figura 38: Materiales para levantamiento de muestra en Cupisa.....	128
Figura 39: Levantamiento de datos de la comunidad de Choccecancha.....	129
Figura 40: Muestreo de suelo acompañado del asesor en la comunidad de Choccecancha	129
Figura 41: Levantamiento de encuesta en la comunidad de Choccecancha.....	130
Figura 42: Recolección de muestra de la comunidad de Chulcuisa.....	130
Figura 43: Embolsado y pesado de suelo para su correspondiente envió a laboratorio.	131
Figura 44: Empaquetado de muestra para su envió a la ciudad de lima (UNALM).....	131

I. Introducción

El presente trabajo de investigación titulada "Características edáficas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023", se ha llevado a cabo con el objetivo de comprender a fondo las propiedades del suelo en estas comunidades andinas, específicamente en lo que respecta al cultivo de papa, un componente esencial de la seguridad alimentaria y la economía local. Las características edáficas del suelo desempeñan un papel crucial en la salud y productividad de los cultivos, afectando directamente la calidad y rendimiento de las cosechas. En este contexto, el estudio se ha enfocado en analizar la composición microbiológica del suelo, así como otros parámetros edáficos fundamentales como el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y la concentración de nutrientes. Al comprender las características edáficas específicas de cada comunidad, buscamos proporcionar información valiosa que permita optimizar las prácticas de manejo del suelo, mejorar la productividad de los cultivos y, en última instancia, contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura en esta región andina. A través de un análisis detallado de las propiedades del suelo y la composición microbiológica en estas comunidades, este estudio pretende ofrecer recomendaciones prácticas para los agricultores locales, instituciones agrícolas y autoridades, con el fin de fomentar prácticas agrícolas más efectivas y sostenibles. La comprensión de las características edáficas específicas del suelo dedicado al cultivo de papa en Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa no solo beneficiará a los agricultores locales, sino que también contribuirá a la preservación y mejora de los recursos naturales en esta importante región agrícola de Apurímac.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

Perú es el país con la mayor diversidad de papas a nivel mundial, ya que posee 8 especies nativas domesticadas y 2,301 de las más de 4,000 variedades presentes en Latinoamérica (Ruta de la papa, 2022). En el Perú, la papa es el cultivo con mayor extensión de superficie sembrada, representando el 25% del PBI agropecuario. Es un alimento fundamental en la dieta de la región andina y su producción está a cargo de 600 mil pequeñas unidades agrarias. Compite con el trigo y el arroz en la alimentación diaria, y en 100 gramos de papa se encuentran 78 g de humedad, 18,5 g de almidón, además de ser rica en potasio (560 mg) y vitamina C (20 mg) (Ministerio de Desarrollo Agrario y de riego, 2022).

El departamento de Apurímac destaca en que en 2020 la producción de papa se incrementó en un 131,5% mayor al resto de los departamentos (INEI, 2022), la provincia de Andahuaylas tiene una participación del 67.7% de producción regional con un rendimiento promedio de 19 Tm/Ha, el distrito de San Jerónimo tiene una participación del 8.4% de la producción provincial, este incremento en la producción trae consigo el aumento de la frontera agrícola y con ella el aumento en el uso de fertilizantes y pesticidas, muchas veces por su facilidad de uso que a su vez genera problemas en las características edáficas en el suelo donde se realiza la actividad de producción de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en todo el departamento de Apurímac y específicamente en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa del distrito de San Jerónimo, ya que el uso y abuso de dichos agroquímicos afectan directamente en las características físicas del suelo, se presume que el laboreo continuo de los suelos a través de los años, han generado un alto grado de deterioro de las características edáficas ya que destruye la población microbiana benéficas para el suelo y con ello trae los bajos rendimientos del cultivo y el incremento en los costos de producción. Lo expresado líneas arriba conducen a formular las siguientes interrogantes:

2.1.1. Problema general

¿Cuales son las características edáficas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023?

2.1.2. Problemas específicos

- ¿Cual son las propiedades físicas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023?
- ¿Cual son las propiedades química del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023?
- ¿Cual son las propiedades microbiológica del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023?
- ¿Cuales son las características de la producción de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Evaluar las características edáficas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023.

2.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades física del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023.

- Determinar las propiedades química del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum L.*) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023.
- Analizar las propiedades microbiológica del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum L.*) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023.
- Determinar las características de la producción de Papa (*Solanum tuberosum L.*) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023.

2.3. Justificación de la investigación

La investigación formulada aquí pretende conocer las características edáficas que tiene el suelo después del cultivo de papa, dentro de las cuales conocer las características físicas químicas y microbiológicas, por lo tanto, dentro de la relevancia social permitirá que la sociedad de las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa tomen mayor importancia a la agricultura orgánica y resolver el problema de fertilidad de los suelos explotados con cultivo de papa. Así mismo permitirá conocer cual es la influencia de la degradación de los suelos en la producción del cultivo de papa, de esa manera conocer su utilidad económica y beneficio social, además permitirá generar un aporte genérico y luego servirá como base para nuevas investigaciones.

En la parte ambiental este trabajo de investigación se justifica ya que con la ejecución se tendrá información acerca del uso y abuso de los fertilizante químicos que luego la institución correspondiente tomará las acciones correctivas correspondientes para con ello reducir o mitigar el impacto negativo de estos productos químicos.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las características edáficas del suelo dedicado al cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023, tienen bajo contenido de materia orgánica y un pH ligeramente ácido a neutro

2.4.2. Hipótesis específicos

- El cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L) tiene impacto significativo en las características físicas del suelo en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa Andahuaylas, Apurímac 2023.
- El cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L) tiene impacto significativo en las propiedades Químicas del suelo en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa Andahuaylas, Apurímac 2023.
- Las propiedades microbiológicas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023, influye en la calidad del suelo y el potencial productivo.
- Las características de la producción de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023 está enfocado a una producción no orgánica.

2.5. Variable

2.5.1. Variable : Características edáficas del suelo

Definición conceptual

Las características edáficas del suelo se definen como los atributos físicos, químicos y biológicos que determinan la naturaleza y la calidad del suelo en una región específica. En el contexto del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), Estas características abarcan aspectos como la textura, estructura, densidad aparente,

porosidad, capacidad de retención de agua, pH, contenido de materia orgánica y la presencia de nutrientes esenciales, tales como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes. Estos atributos influyen significativamente en el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos, ya que determinan la disponibilidad de agua y nutrientes, así como las condiciones para el desarrollo de las raíces y la actividad microbiana. Las características edáficas son fundamentales para la planificación y gestión agronómica, y su comprensión permite optimizar prácticas agrícolas para mejorar la producción y calidad del cultivo.

Definición operacional

La definición operacional de las características edáficas del suelo en el cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac, involucra la medición y análisis de diversos parámetros específicos. Estos incluyen la textura del suelo, que se determinará mediante el método de la sedimentación; la estructura del suelo, evaluada a través de la observación y clasificación de los agregados; y la densidad aparente, medida por el método del cilindro. La porosidad se calculará a partir de la densidad aparente y la densidad real del suelo. El pH del suelo se medirá utilizando un potenciómetro en una suspensión de suelo y agua. La materia orgánica se determinará mediante el método de Walkley-Black. Los contenidos de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio) se analizarán utilizando métodos químicos específicos: Kjeldahl para nitrógeno, Olsen para fósforo, y extracción con acetato de amonio para potasio. Estos datos se recopilarán en diferentes puntos de muestreo dentro de cada comunidad, y se analizarán estadísticamente para identificar las características predominantes del suelo en cada área y su relación con el rendimiento del cultivo de papa.

2.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 1:

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Indices
características edáficas del suelo dedicado al cultivo de papa	Propiedades físicas del suelo	Arcilla	%
		Limo	%
		Arena	%
		Clase textural	Nominal
		Estructura	Nominal
		Porosidad	%
	Propiedades química	pH	u
		Materia orgánica (MO)	%
		Conductividad eléctrica (C.E.)	dS/m
		Calcáreo total (CaCO ₃)	%
		Fósforo (P)	ppm
		Potasio (K)	ppm
		Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	meg/100g
		Ca+2	meg/100g
		Mg+2	meg/100g
		K+	meg/100g
		Na+	meg/100g
		Al-3+H-	meg/100g
	Propiedades microbiológicas	Tipo de microorganismos benéficos	Nominal
		Incidencia demicroorganismos beneficos	UFC/gr
	Características de la producción de Papa	Rendimiento	Tn/ha
		Calidad	Nominal
		Sanidad	Nominal
		Productividad	%

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

Moya Patiño & Farinango Alovachi (2020) realizaron un estudio en Tulcán, Ecuador, con el propósito de analizar las modificaciones en las propiedades físico-químicas del suelo agrícola tras la incorporación de abonos verdes (Vicia sativa y Avena sativa). Además, evaluaron el efecto de fertilizantes orgánicos y minerales en variables como nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, pH, densidad aparente y su relación con el rendimiento del cultivo de papa súper chola. Utilizando un Diseño Cuadrado Latino con 16 parcelas, se determinó que los abonos verdes incrementan la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Asimismo, se observó que la combinación de fertilizantes orgánicos y minerales no solo potenció la producción de papa, sino que también favoreció la conservación del suelo cuando se aplicaron en dosis adecuadas.

Herrera Aruquipa (2019), en Bolivia, implementó un diseño experimental en bloques aleatorizados con parcelas de 5 x 4 m para cultivar papa (*Solanum tuberosum*). Se probaron siete tratamientos: control (T1), fertilizantes minerales (T2: urea y FDA en dosis 80-53-00), estiércol ovino (T3), bovino (T4), turba (T5), y mezclas de fertilizantes con estiércol ovino (T6) o bovino (T7). Aunque no hubo diferencias significativas en humedad y densidad aparente del suelo entre tratamientos, los datos revelaron variaciones temporales: T3 registró 22.4% de humedad inicial, T5 un 13.1% en la segunda medición, y T6 alcanzó 27.0% en la tercera. Los tratamientos T1 (control) y T2 mostraron los valores más bajos. Las combinaciones de estiércol y fertilizantes elevaron el rendimiento hasta 16.3-17.8 tn/ha (60% más que el control, con 6.1 tn/ha). El estudio destacó que, pese al mayor rendimiento inmediato de los fertilizantes químicos, el estiércol genera un efecto residual que mejora la humedad, estructura y porosidad del suelo en ciclos posteriores, promoviendo una agricultura más sostenible a largo plazo.

Castillo Zepeda & Corral Salazar (2020) evaluaron en Ojo de Agua, Zinacantepec (México), las diferencias físico-químicas en suelos andosoles bajo monocultivo de papa

(*Solanum tuberosum* L.) y maíz tras más de 40 años de uso. Mediante metodologías basadas en normas mexicanas y teoría de sistemas, analizaron parámetros como materia orgánica, pH, densidad real/aparente, textura, color, alofanos y niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El suelo bajo papa mostró mayor materia orgánica y densidad, mientras que el maíz presentó mayor porosidad. Ambos cultivos registraron pH ácido y valores similares de NPK. El estudio concluyó que el cultivo prolongado de papa altera significativamente las propiedades físico-químicas de estos suelos.

Altamirano Valero (2015) investigó en Viacha (Bolivia) el impacto de los agroquímicos Karate y Nitrofoska en la microbiota de suelos francos y areno-francosos bajo cultivo de papa en condiciones controladas. Con un diseño bifactorial (textura del suelo × dosis), se observó que suelos francos albergaban más bacterias que los areno-francosos. Las dosis comerciales aumentaron la población bacteriana, mientras que las sobredosis la redujeron. Los hongos incrementaron tras las primeras fumigaciones, pero la actividad microbiana disminuyó progresivamente. Las altas dosis también redujeron el pH y elevaron la conductividad eléctrica, afectando el equilibrio edáfico. Aunque la sobredosis mejoró la altura de las plantas, no aumentó el rendimiento, reforzando la necesidad de aplicar estos productos con precisión.

Muñoz et al. (2006) modelaron en Cundinamarca (Colombia) la variabilidad espacial de propiedades del suelo y su relación con la producción de papa. Identificaron que el pH, la suma de bases y la saturación de aluminio fueron los indicadores más influyentes en el rendimiento. Redes de muestreo con 14-26 puntos y espaciados de 15-30 m mostraron precisión y costos adecuados para estudios en ambientes andinos.

Ramírez Aparicio (2019) evaluó en Lima (Perú) la aplicación de zinc edáfico y foliar en papa, utilizando un diseño experimental en bloques aleatorizados. Aunque las dosis de 0-40 kg Zn/ha (edáfico) y 0-5 kg Zn/ha (foliar) no afectaron significativamente las variables biométricas o el rendimiento, la fertilización foliar incrementó la concentración

de zinc en hojas. El suelo, de pH alcalino (7.82) y bajo contenido de fósforo (16.2 mg/kg), no mostró respuestas productivas a las aplicaciones.

Herrera et al. (2007) compararon en Ancoraimes (Bolivia) el uso de estiércol (vacuno/ovino) y fertilizantes químicos (urea, fosfato de amonio) en papa. Los tratamientos mixtos (orgánico + químico) generaron los mayores rendimientos, aunque sin diferencias estadísticas en retención de humedad o altura de plantas. La densidad aparente disminuyó en suelos con materia orgánica, sugiriendo mejoras estructurales. Los agricultores percibieron mayor eficacia en la combinación de estiércol ovino con fertilizantes, pese a la falta de significancia estadística. El estudio aún monitorea variables como humedad y rendimiento final en Chojñapata.

Alcarráz Campos (2010) evaluó en Yanaccma (Apurímac, Perú), a 3850 msnm, las dosis óptimas de gallinaza y cal para maximizar el rendimiento de papa amarilla Tumbay en suelos de bosque húmedo montano. Mediante un diseño experimental con cinco niveles de gallinaza (0-8 tn.ha⁻¹) y cal (0-6 tn.ha⁻¹), se determinó que la gallinaza incrementó significativamente el rendimiento total y la producción de tubérculos de primera categoría, mientras que la cal tuvo un efecto moderado. La combinación de 8 tn.ha⁻¹ de gallinaza con 5.4 tn.ha⁻¹ de cal logró 32.535 tn.ha⁻¹ de rendimiento total, y 8 tn.ha⁻¹ de gallinaza con 3 tn.ha⁻¹ de cal alcanzó 26.276 tn.ha⁻¹ en papas de primera. Los tratamientos con máxima gallinaza (8 tn.ha⁻¹) mostraron rentabilidades del 73-98%, destacando su viabilidad económica frente a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas).

Flores Ccahuana (2017) analizó en Cotabambas (Apurímac) los factores que limitan la productividad de la papa nativa en Tambobamba y Mara. Mediante encuestas aleatorias y un enfoque cuantitativo, identificó desafíos como: bajo nivel tecnológico, uso inadecuado de abonos orgánicos, plagas, semillas de baja calidad, falta de capacitación, pesticidas contaminantes, pérdida de diversidad genética y efectos del cambio climático. A pesar de esto, resaltó prácticas positivas como el empleo de técnicas tradicionales

(rotación de cultivos, trueque de semillas), uso de plantas medicinales para control de plagas, y la conservación de variedades nativas con alto valor nutricional (elevado contenido de antioxidantes y sólidos). El estudio subraya la necesidad de fortalecer la gestión productiva y adaptar tecnologías sostenibles para potenciar la agricultura a pequeña escala, predominantemente destinada al autoconsumo.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. La papa (*Solanum tuberosum*)

3.2.1.1. Origen de la papa

Centro Internacional de la Papa CIP, (2022) hace mención que los vestigios más antiguos de papa, con más de 8,000 años, fueron hallados cerca del pueblo de Chilca, al sur de Lima, durante excavaciones realizadas en 1976. Desde entonces, la papa ha sido clave en la creación de variedades que se adaptan a diferentes condiciones ambientales, logrando extenderse con éxito a casi todo el mundo. La papa llegó a la península Ibérica alrededor de 1550, gracias a la conquista española del Imperio Incaico, y en 1750 ya era un alimento fundamental en Europa. Sin embargo, países como Rusia, Italia y Francia inicialmente la rechazaron, pues les parecía irracional consumir un alimento que crecía bajo tierra. Fue Antoine Parmentier, un prisionero de guerra francés que sobrevivió tres años comiendo papa, quien convenció al rey Luis XVI de impulsar su cultivo, lo que permitió su expansión por Europa, Asia y África. Actualmente, la papa es una de las mayores contribuciones de la región andina al mundo, ya que es uno de los alimentos más consumidos, ayudando a fortalecer la seguridad alimentaria global.

3.2.1.2. Clasificación taxonómica de la papa

Muñoz & Cruz, (1984), El *Solanum tuberosum* fue descrita por Carlos Linneo y publicado en Species Plantarum, quien lo clasifica de la siguiente manera

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceas

Género: Solanum

Especie: Teberosum

3.2.1.3. Morfología del cultivo de papa

Montaldo, (1984), menciona que el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es una planta herbácea, tuberosa y perenne a través de sus tubérculos. Es caducifolia, ya que pierde sus hojas y tallos aéreos durante la estación fría. Su tallo es erecto o semidecumbente y puede alcanzar hasta 1 metro de altura.

- Hoja: Las hojas de la papa son de tipo compuesto y poseen entre siete y nueve foliolos con forma lanceolada, organizados en espiral a lo largo de los tallos. Son bifaciales y presentan una epidermis conformada por células con paredes sinuosas cuando se observan en vista superficial. Su superficie cuenta con tricomas o pelos, cuya cantidad varía según el cultivar. Estos tricomas pueden ser uniseriados, glandulares y poseer una cabeza pluricelular de forma aproximadamente esférica.
- Tallo: La planta de papa desarrolla tres tipos de tallos. El primero es el aéreo, con una sección transversal que puede ser circular o angular, donde crecen las hojas compuestas. Los otros dos son subterráneos: los rizomas y los tubérculos. En *Solanum tuberosum*, se puede distinguir la base de la planta, resaltando los tallos aéreos, los rizomas, los tubérculos y las raíces. El tubérculo "madre" o "semilla", del cual se origina la planta, se caracteriza por su color negro.
- Tallos aéreos: Estos tallos emergen de las yemas del tubérculo-semilla y son de textura herbácea y suculenta, alcanzando entre 0,6 y 1 metro de longitud. Generalmente son de color verde, aunque en ocasiones pueden presentar tonos rojo púrpuro. Pueden crecer de manera erecta o inclinarse progresivamente

hacia el suelo conforme la planta madura. En la subespecie andigena, los entrenudos son alargados, mientras que en la subespecie tuberosum son más cortos. A medida que los tallos aéreos completan su desarrollo, su base puede volverse parcialmente leñosa.

- Brotes de *Solanum tuberosum* sobre el tubérculo: De estos brotes se originan los tallos aéreos de la planta. En la base de los brotes es posible observar raíces adventicias de pequeño tamaño.
- Rizomas: Los rizomas son tallos subterráneos que se desarrollan lateralmente desde la base del tallo aéreo. Se generan de forma alterna a partir de los subnudos y crecen en dirección horizontal bajo el suelo. Cada rizoma, mediante un engrosamiento en su extremo distal, da lugar a un nuevo tubérculo.
- Tubérculos: Son una forma especializada de tallo subterráneo que se engrosa para actuar como un órgano de almacenamiento de nutrientes, permitiendo la acumulación de reservas esenciales para el desarrollo de la planta.

3.2.1.4. Exigencias edafoclimáticas del cultivo de papa

Diaz, (2000) indica que antes de iniciar el cultivo, es fundamental conocer los requerimientos edafoclimáticos, ya que esto permitirá seleccionar la variedad que mejor se ajuste a las condiciones específicas del sitio de cultivo.

- **Temperatura.** En el cultivo de la papa, la principal limitante es la temperatura, ya que valores por debajo de 10 °C o por encima de 30 °C perjudican de manera irreversible su desarrollo. La temperatura óptima para una producción eficiente oscila entre 17 y 23 °C. Por esta razón, en zonas templadas, la papa se siembra a inicios de la primavera, mientras que en regiones más cálidas se realiza a finales del invierno.
- **Suelos.** La papa puede crecer en la mayoría de los tipos de suelo, aunque se prefieren aquellos con baja resistencia al crecimiento de los tubérculos. Los suelos ideales son francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, ya

que ofrecen buen drenaje y ventilación, además de facilitar la cosecha. Sin embargo, en suelos arcillosos también se pueden obtener buenas producciones al incorporar materia orgánica y ajustar las frecuencias de riego. Es esencial que el suelo tenga una profundidad efectiva de más de 50 cm para permitir el crecimiento adecuado de estolones y tubérculos. El cultivo se desarrolla bien en un pH de entre 5.0 y 7.0. Los suelos salinos, alcalinos o compactados dificultan el desarrollo y la producción. Se recomienda trabajar con suelos que tengan una densidad aparente de 1.20 g/cm³, un contenido de materia orgánica superior al 3.5 % y una conductividad eléctrica inferior a 4 dS/m.

- **Pendiente del terreno.** La pendiente está directamente relacionada con la capacidad de retención y captación de agua, así como con la profundidad del suelo y el acceso de maquinaria. Para una buena productividad en el cultivo de papa, se recomienda una pendiente entre 0.0 y 4.0 %. Pendientes superiores al 4.1 % pueden reducir la producción de tubérculos. Una forma de manejar terrenos con pendientes pronunciadas es mediante el uso de surcos en curvas a nivel o la implementación de terrazas
- **Altitud.** La altitud del cultivo de papa puede variar considerablemente, ya que la planta se adapta bien a alturas desde los 460 hasta los 3,000 msnm. Sin embargo, la altitud óptima para su desarrollo y mejor producción se encuentra entre los 1,500 y 2,500 msnm, donde se obtienen los rendimientos más altos.
- **Vientos.** Los vientos deben ser moderados, con velocidades que no superen los 20 km/h, ya que la planta de papa puede sufrir daños y una disminución en su rendimiento. En cuanto al agua, los requerimientos hídricos oscilan entre 600 y 1,000 milímetros por ciclo de producción, dependiendo de factores como la temperatura, la capacidad de retención del suelo y la variedad de la planta. Las mayores demandas de agua se presentan durante la germinación y el crecimiento de los tubérculos, por lo que es necesario realizar riegos adicionales en los

momentos críticos del cultivo, especialmente cuando no hay precipitaciones. Las etapas finales del desarrollo del cultivo son las más exigentes en cuanto a agua.

- **Luz.** Después de la emergencia del tubérculo, el cultivo de papa requiere una alta cantidad de luz. La luminosidad influye directamente en los procesos fotosintéticos, que desencadenan una serie de reacciones en las que participan agua y CO₂, fundamentales para la formación de azúcares, los cuales se almacenan en los tubérculos. La cantidad de luz necesaria para la producción óptima de papa varía según la temperatura, pero generalmente se requieren entre 8 y 12, e incluso hasta 16 horas de luz diaria (20,000 a 50,000 Lux), dependiendo de la variedad cultivada. La luz también influye en la tuberización y en la duración del crecimiento vegetativo; los días cortos favorecen la tuberización y acortan el ciclo vegetativo, mientras que los días largos tienen el efecto contrario.

3.2.1.5. Principales plagas y enfermedades en el cultivo de papa

A) Enfermedades

- **Phytophthora infestans (Alternaria).** En general, las especies de Alternaria son patógenos que afectan las hojas, provocando la destrucción de los tejidos del hospedero al reducir su capacidad fotosintética. La infección ocurre a través de los estomas de las plantas o directamente en la superficie de las hojas. Los tejidos senescentes o aquellos sometidos a estrés son los más vulnerables a la infección. (Thomma, 2003). La penetración del patógeno en el tejido vegetal puede ser lenta, dependiendo de la virulencia de la especie. Muchas especies de Alternaria tienen baja virulencia y solo penetran después de que el tubo germinativo emerge y se extiende sobre la superficie de la hoja (Rotem, 1997). Los daños se manifiestan como lesiones necróticas, con residuos del hongo en el centro de la lesión, que está rodeada por un halo clorótico. Este síntoma es común en las infecciones por Alternaria y es causado por la difusión de metabolitos tóxicos que afectan la planta. (Thomma, 2003). Las especies de Alternaria tienen la capacidad

de generar toxinas tanto específicas como no específicas para el hospedero, conocidas como fitotoxinas (Solfrizzo et al., 2004). La producción de metabolitos secundarios se ha utilizado para diferenciar entre especies que son morfológicamente similares, especialmente aquellas que tienen esporas pequeñas. (Rotem, 1997).

- **Potato leafroll virus (Enrollamiento de hoja).** Los síntomas distintivos de la infección secundaria incluyen el enrollamiento de las hojas en la base, formando una forma de cuchara, un porte erguido y el enanismo de la planta. La acumulación de almidón provoca que las hojas se vuelvan duras y crujientes, lo que facilita la diferenciación entre la infección viral y los enrollamientos blandos causados por *Rhizoctonia* o *Erwinia* (Rousselle, 1999). Estos síntomas secundarios se manifiestan cuando la planta brota a partir de tubérculos infectados (Ames, 1980).
- **Gota, tizón tardío o lancha negra (Pudrición de tallo).** Los síntomas de la enfermedad pueden aparecer en cualquier etapa del desarrollo de la planta. Los tallos infectados presentan una pudrición de color negro, que generalmente comienza en el tubérculo-semilla y se extiende hacia arriba por el tallo. Las plantas afectadas detienen su crecimiento y exhiben un porte erecto y envarado. El follaje se torna clorótico, los folíolos tienden a enrollarse hacia arriba, y eventualmente se marchitan y mueren. El tejido del tubérculo afectado por pudrición blanda se muestra húmedo, de color crema o canela, y tiene una consistencia blanda, separándose fácilmente del tejido sano. A medida que el daño avanza, comienza a desprender un olor desagradable debido a la presencia de organismos secundarios (Hooker, 1980).
- **Potato Yellow Vein Virus (PYW) (Amarillamiento de hoja).** El amarillamiento de las venas en la papa es provocado por el virus Potato Yellow Vein Virus (PYW), un closterovirus bipartido que afecta tanto a la papa como a ciertas malezas en los

cultivos de este tubérculo. La transmisión de la enfermedad ocurre a través de la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum*. Varios experimentos han evidenciado que el virus no se transmite a la descendencia de papa mediante la semilla sexual. (Saldarriga C., Alegría Salazar, Luis F. Zapata P., José Luis)

- **Phytophthora infestans (Rancho)**. La rancho, o tizón tardío, causada por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las enfermedades más significativas que afectan al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) a nivel global. En varias ocasiones, la enfermedad ha alcanzado proporciones alarmantes y efectos devastadores, siendo la más documentada la hambruna que provocó en Irlanda en 1845. A pesar de la gran cantidad de conocimientos sobre esta enfermedad, el tizón sigue siendo uno de los principales factores que limitan la producción de papa en el mundo, lo que obliga a los agricultores a utilizar grandes cantidades de fungicidas para su control (Henfling 1987, Fernández-Northcote, et al. 1999).

B) Plagas

- **Premnotrypes spp. (Gorgojo de los andes)**. Cabrera (2005), menciona que la papa es vulnerable a numerosas plagas, entre las cuales destaca el gusano blanco o gorgojo de los Andes, que provoca grandes pérdidas en su cultivo. Esta plaga se encuentra en diversas zonas, tanto altas como bajas, del país. Según el autor, el "gusano blanco de la papa" (*Premnotrypes* sp.) es una de las principales plagas en las regiones altas de los Andes. Este insecto tiene una significativa importancia económica, ya que es común que las cosechas presenten hasta un 80% de tubérculos afectados. En algunos campos, el daño es tan severo que los agricultores optan por dejar la cosecha sin recoger. Este problema genera una inquietud justificada entre los productores, ya que la papa dañada no es bien aceptada en los mercados

- **Phthorimaea operculella Zeller (Polilla de papa).** Esta plaga comienza su ataque cuando la papa inicia el proceso de tuberización. Según Gallo et al. (1988), la clasificación taxonómica de la polilla de la papa es la siguiente: Reino Animal; Phylum: Arthropoda; Superclase: Hexapoda; Clase: Insecta; Orden: Lepidoptera; Suborden: Ditrysia; Superfamilia: Gelechioidea; Familia: Gelechiidae; Género: Phthorimaea; Especie: Phthorimaea operculella Zeller (1873). Su nombre común incluye polilla de papa, palomilla y Tuta (Calderón, 2002). Las polillas adultas son nocturnas y, durante el día, buscan refugios oscuros en almacenes y en el campo, escondiéndose bajo el follaje cerca del suelo. Al día siguiente de convertirse en adultas, están listas para copular; la oviposición comienza entre 2 y 3 días después de la cópula, y una hembra puede depositar alrededor de 108 huevos durante su vida (Calderón, 2002).

3.2.1.6. Características edáficas del suelo

A) Características físicas

Angel Galaviz, (2015), indica que las propiedades físicas del suelo son:

Textura.

La textura de un suelo se refiere al tamaño de las partículas que lo componen y depende de las proporciones de partículas de diferentes tamaños. Las partículas del suelo se clasifican en arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros que varían entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. La textura del suelo influye significativamente en su productividad. Los suelos con un alto contenido de arena suelen tener dificultades para retener suficiente agua, lo que limita el crecimiento de las plantas, además de perder grandes cantidades de nutrientes por lixiviación. En contraste, los suelos que contienen más partículas pequeñas, como arcillas y limos, son excelentes para almacenar agua y retener minerales que son fácilmente accesibles para las plantas.

Figura 1*Triángulo textural del suelo*Nota: *Angel Galaviz, (2015)*

Las partículas minerales se clasifican por tamaño en tres grupos:

Arena: El diámetro de los granos de arena varía entre 0,05 y 2 mm. Pueden clasificarse como gruesos, finos o muy finos. Los granos de arena son ásperos al tacto y no forman agregados estables, conservando su individualidad.

Limo: El diámetro de las partículas varía entre 0,002 y 0,05 mm. Al tacto, se asemeja a la harina o el talco y presenta una alta capacidad de retención de agua.

Arcilla: El diámetro de las partículas es inferior a 0,002 mm. Cuando se humedece, presenta una textura plástica y pegajosa; al secarse, forma terrones duros

Estructura

La estructura del suelo se refiere a la forma en que las partículas se agrupan para formar agregados. Según esta característica, se pueden clasificar los suelos en diferentes tipos de estructura: esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques) y granular (en granos). La estructura del suelo resulta de la disposición de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) en diferentes modelos estructurales, que incluyen el espacio poroso.

Aunque la estructura no se considera un factor de crecimiento directo para las plantas, influye en aspectos como la disponibilidad de agua y aire para las raíces, la disponibilidad de nutrientes, la penetración y desarrollo radicular, y el desarrollo de la

macrofauna del suelo. Desde una perspectiva de manejo, una buena calidad de la estructura se traduce en un espacio poroso adecuado, lo que implica buena porosidad y una adecuada distribución del tamaño de los poros. Por lo tanto, la infiltración del agua y la distribución de raíces en el perfil del suelo son excelentes indicadores de su calidad estructural.

Color de los suelos.

El color es una característica del suelo que se observa fácilmente y se utiliza de manera práctica para identificar diferentes tipos de suelo en un área regional o local. Las principales sustancias que contribuyen al color del suelo incluyen el humus y compuestos minerales como óxidos, sulfuros, sulfatos y carbonatos. Los colores claros, como el blanco o el grisáceo, se deben a la presencia de minerales blancos o incoloros. La cantidad de calor que el suelo absorbe o refleja está influenciada en gran medida por su color. Los cuerpos blancos tienden a reflejar más radiación calorífica, mientras que los cuerpos negros la absorben en mayor medida. De este modo, se estima que los suelos oscuros pueden absorber hasta el 80% de la radiación solar, mientras que esta cifra disminuye al 30% en suelos claros

Porosidad del suelo

Dentro del espacio poroso del suelo se pueden distinguir dos tipos de poros: macroporos y microporos. Los macroporos no retienen agua contra la fuerza de gravedad, lo que los convierte en responsables del drenaje y la aireación del suelo, además de ser el principal espacio donde se desarrollan las raíces. Por otro lado, los microporos son los que retienen agua, de la cual una parte es accesible para las plantas. La porosidad total, o espacio poroso del suelo, es la suma de macroporos y microporos. Las características de este espacio poroso dependen tanto de la textura como de la estructura del suelo.

Densidad aparente

La densidad aparente es la relación entre el peso seco de una muestra de suelo (a 105 °C) y el volumen que esa muestra ocupa:

$$D.a. = \frac{\text{peso de los sólidos de la muestra o peso seco (a)}}{\text{volumen de sólidos de la muestra (b) + volumen poroso de la muestra (c)}}$$

Densidad real

La densidad real es el promedio ponderado de las densidades de las partículas sólidas del suelo. En la muestra mencionada para definir la densidad aparente (D.a.), la densidad real (D.r.) se calcularía como el peso seco de la muestra dividido por el volumen de los sólidos de la muestra. Si se divide la densidad aparente (D.a.) por la densidad real (D.r.), se obtiene un valor que puede indicar la porosidad del suelo:

$$\frac{D.A.}{D.r.} = \frac{a/b+c}{a/b} = \frac{b}{b+c} = \frac{\text{volumen de sólidos}}{\text{volumen total}}$$

Por lo tanto, (D.a. /D.r.).100 = Volumen de sólidos por ciento; entonces, 100 - (D.a. /D.r.).100 = Volumen poroso por ciento, es decir, que el porcentaje del volumen de la muestra ocupado por poros = 100 [1 - (D.a. /D.r.)]

Capacidad de infiltración

La capacidad de infiltración se refiere a la velocidad máxima a la que el agua penetra en el suelo. Esta capacidad depende de varios factores; por ejemplo, un suelo desagregado y permeable tendrá una mayor capacidad de infiltración que un suelo arcilloso y compacto. Además, si muchos de los poros del suelo están saturados, la capacidad de infiltración será menor en comparación con un suelo que tenga una humedad relativamente baja. Según Boletinagrario.com (2022), los ecólogos llaman factores edáficos a las características físico-químicas que interactúan para determinar las propiedades del suelo. Estos factores influyen en el uso posterior de la tierra y en las necesidades de manejo que deben implementarse. Serrato et al. (2016) señalan que las características edáficas abarcan propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales deben considerarse como indicadores agrupados en tres conjuntos: indicadores físicos,

químicos y biológicos. No obstante, la selección de estos indicadores es compleja debido a la gran variedad de factores que controlan los procesos biogeoquímicos y su variación en tiempo y espacio.

B) Características químicas

Segun Angel Galaviz, (2015), las características químicas del suelo son:

El pH del suelo.

El pH indica la concentración de iones hidrógeno en una solución y es una medida de su acidez o alcalinidad. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado como $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, donde $[\text{H}^+]$ representa la concentración de iones hidrógeno en moles por litro. El pH es crucial para las plantas, ya que influye directamente en la disponibilidad de los nutrientes necesarios para su crecimiento eficiente. Suelos muy ácidos o excesivamente alcalinos no favorecen la disolución de compuestos, lo que limita la presencia de iones de nutrientes esenciales. El pH del suelo es resultado de diversos factores, incluidos el material parental del suelo, la materia orgánica, el crecimiento vegetativo y los nutrientes añadidos.

Salinidad

La salinidad es la consecuencia de la presencia de sales en el suelo. Por sus propias características se encuentran tanto en la fase sólida como en la fase líquida por lo que tiene una extraordinaria movilidad.

Acidez.

La acidez del suelo se refiere a la concentración de iones hidrógeno en solución, obtenida al mezclar el suelo con agua o con una solución extractora. Esta acidez puede limitar el crecimiento de las plantas, ya que reduce la disponibilidad de nutrientes como calcio, magnesio, potasio y fósforo, y favorece la solubilización de elementos tóxicos como el aluminio y el manganeso. La combinación de acidez y escasa disponibilidad de nutrientes es una de las principales razones de la baja productividad en suelos ácidos. Aunque la acidificación es un proceso natural, las actividades agrícolas y humanas lo

aceleran. Dado el incremento de áreas acidificadas en el mundo y la necesidad de aumentar la producción de alimentos, es crucial entender la química detrás de la acidificación del suelo para desarrollar prácticas que ayuden a restaurarlos o evitar su acidificación.

Capacidad de Intercambio de cationes.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se refiere a la habilidad de un suelo para retener y liberar iones positivos, lo que depende de su contenido de arcillas. Estas partículas tienen carga negativa, por lo que los suelos con mayor concentración de arcilla muestran una mayor capacidad de intercambio catiónico. También se puede definir como la cantidad de cargas negativas por unidad de coloide que son neutralizadas por cationes de intercambio. Un catión es un ion con carga positiva, mientras que el coloide tiene carga negativa. Las moléculas en el suelo tienen cargas eléctricas, lo que les permite interactuar entre sí, formando estructuras similares a pequeños imanes. La CIC es esencial para que el suelo retenga e intercambie elementos minerales y aumenta considerablemente con la presencia de materia orgánica, lo que contribuye a la fertilidad del suelo.

Contenido de nutrientes.

Entre las deficiencias del suelo que afectan la productividad, la falta de nutrientes es particularmente problemática. Los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento de las plantas incluyen nitrógeno, potasio, fósforo, hierro, calcio, azufre y magnesio, que están presentes en la mayoría de los suelos en cantidades variables. Además, muchas plantas requieren pequeñas cantidades de elementos traza, que se encuentran en el suelo en concentraciones mínimas; entre estos elementos se incluyen manganeso, zinc, cobre y boro.

Estado coloidal.

Las plantas absorben nutrientes de los coloides presentes en el suelo, que son partículas diminutas similares a la arcilla que se combinan con el agua sin disolverse.

Estos coloides se generan a través de la meteorización física y química de minerales primarios y están compuestos por diversos óxidos hidratados de hierro, aluminio y silicio, junto con minerales cristalinos secundarios como la caolinita y la montmorillonita.

Bases intercambiables.

Una de las características clave de las partículas coloidales es su capacidad para participar en una reacción química conocida como intercambio de bases. En esta reacción, un compuesto puede cambiar al reemplazar uno de sus elementos por otro. De este modo, los elementos que estaban unidos a un compuesto pueden liberarse en la solución del suelo y estar disponibles como nutrientes para las plantas. Por ejemplo, al añadir un fertilizante que contenga potasio al suelo, una parte de este elemento se disuelve de inmediato, volviéndose accesible, mientras que el resto se incorpora a los coloides mediante el intercambio de bases. Un caso simple y significativo de intercambio de bases en agricultura es la reacción que ocurre al usar caliza para neutralizar la acidez del suelo.

Solución del suelo.

La solución del suelo se refiere a la fase líquida del suelo que contiene disueltos los nutrientes necesarios para los cultivos. Este componente líquido, conocido como solución del suelo, está compuesto principalmente de agua, además de diversas sustancias minerales, y contiene cantidades significativas de oxígeno y dióxido de carbono disueltos. La solución del suelo es altamente compleja y juega un papel crucial, ya que es el medio a través del cual las raíces de las plantas absorben los nutrientes. Si la solución del suelo carece de los elementos esenciales para el crecimiento vegetal, el suelo se considera estéril.

Características biológicas

Según Angel Galaviz, (2015) las características biológicas de los suelos son:

1. Contenido de materia orgánica en el suelo.

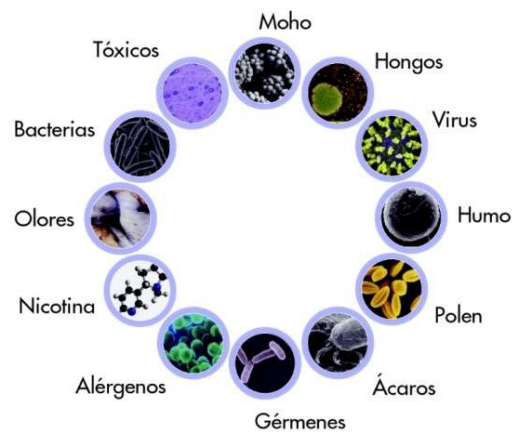
La materia orgánica constituye entre el 95% y el 99% del peso seco total de los organismos vivos; sin embargo, su cantidad en los suelos suele ser limitada, y rara vez excede el 2%. En suelos arcillosos medios, el nivel óptimo de materia orgánica es del 2%, pudiendo disminuir a 1,65% en suelos pesados y alcanzar hasta un 2,5% en suelos arenosos.

2. Microorganismo biológicos del suelo

En los suelos agrícolas, existen macro y microorganismos que desempeñan la función principal de descomponer la materia orgánica y transformarla en humus. Este humus se combina con la parte mineral del suelo para formar compuestos órgano-minerales que poseen alta actividad química y fisicoquímica. Los organismos del suelo requieren aire, agua y calor, que dependen de las propiedades físicas del suelo. Un suelo naturalmente fértil es aquel en el que los organismos edáficos liberan nutrientes inorgánicos a partir de reservas orgánicas de manera suficiente para sostener un crecimiento rápido de las plantas.

La actividad biológica en los suelos resulta de las funciones fisiológicas de estos organismos, creando un ambiente adecuado para el desarrollo de las plantas. Los suelos albergan una gran diversidad de formas biológicas, que varían en tamaño, incluyendo virus, bacterias, hongos, algas, lombrices, nematodos y las raíces de las plantas superiores. La relevancia de cada tipo de organismo varía según las características del suelo.

Figura 2
Composición biológica del suelo



Nota: Elaboración propia

El autor también menciona que las bacterias son organismos procariotas unicelulares, con formas que generalmente son esféricas (cocos) o en bastón (bacilos). Estas bacterias son esenciales porque algunas realizan funciones específicas, como la oxidación del amoníaco a nitratos, mientras que otras contribuyen al proceso general de descomposición de materiales orgánicos.

Las propiedades biológicas del suelo son cruciales, ya que incluyen la microfauna, compuesta por hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices. Estos organismos mejoran las condiciones del suelo al acelerar la descomposición y mineralización de la materia orgánica. Además, entre ellos se producen interacciones de antagonismo o sinergia que ayudan a mantener un equilibrio entre poblaciones dañinas y benéficas, lo que reduce los ataques de plagas a las plantas.

a) *Pythium sp.* (UFC/gr)

Pythium es un género de Oomycetes parásitos. Aunque anteriormente se clasificaban como hongos, a menudo se les sigue tratando de esa manera. Los daños causados por *Pythium* se limitan a áreas específicas de los cultivos, debido a la baja movilidad de sus zoosporas, que necesitan una superficie de agua para desplazarse. Además, la capilaridad de las partículas del suelo actúa como un filtro natural. En

sistemas hidropónicos de invernaderos, donde las plantas de monocultivos extensos se mantienen en una solución nutritiva (que contiene nitrógeno, potasio, fosfato y micronutrientes) que se recircula continuamente, *Pythium* puede causar una devastadora podredumbre de las raíces (Owen-Going et al., 2003). Esta podredumbre puede afectar a todo el cultivo, incluyendo decenas de miles de plantas en solo dos a cuatro días, y también provoca pudrición acuosa en los tubérculos de papa.

b) *Mucor sp.* (UFC/gr)

Mucor es un género de hongos perteneciente a la familia Mucoraceae y al orden Mucorales. Estos hongos forman mohos caracterizados por delicados filamentos tubulares blancos y esporangios esféricos de color negro. Las colonias de *Mucor* suelen ser de color blanco, beige o gris y se desarrollan rápidamente, alcanzando varios centímetros de altura en el medio de cultivo. Con el tiempo, las colonias más viejas cambian a tonos grisáceos o marrones debido al crecimiento de esporas (Diccionario Enciclopédico Ilustrado de Medicina Dorland, 1996). Como Zygomyceto, *Mucor* es ubicuo en la naturaleza, lo que lo convierte en un contaminante común en los medios de cultivo de laboratorio. También puede causar infecciones en personas inmunocomprometidas o inmunosuprimidas. Aunque las cepas de *Mucor spp.* generalmente no crecen a 37°C, las que afectan a humanos son termotolerantes. (Tangarife, 2011. Arenas, 2008).

c) *Penicillium sp.* (UFC/gr)

Penicillium es un hongo filamentosos hialino y saprófito que pertenece al filo Ascomycota. Macroscópicamente, sus colonias crecen rápidamente, comenzando con un color blanco y luego adquiriendo tonalidades que van del azul al azul verdoso, verde, gris oliva o incluso tonos rosados, con un reverso amarillo cremoso. La textura de las colonias puede variar entre plana, filamentosa, aterciopelada o algodonosa, según la especie, y algunas pueden mostrar gotas de exudado. A nivel microscópico, *Penicillium* presenta hifas hialinas y septadas. Sus conidióforos tienen ramas secundarias llamadas métulas, que son cilíndricas y de paredes lisas, y llevan de 3 a 6 fiáldes en forma de matraz. De

estas hifas surgen largas cadenas de esporas o conidios, que forman el característico penacho o pincel del género (Insst. 2022).

3.3. Definición de términos

- 1. Características edáficas.** Las características edáficas se refieren a las propiedades y condiciones del suelo que influyen en su capacidad para sustentar el crecimiento de las plantas y la actividad biológica. Estas características incluyen aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo, como la textura, la estructura, la composición química, la fertilidad, el pH, la capacidad de retención de agua, la porosidad, la actividad microbiana, entre otros (Wall, D. H., 2012, Soil Ecology and Ecosystem Services).
- 2. Las características químicas del suelo.** se refieren a las propiedades y composición química del suelo, incluyendo la presencia y concentración de nutrientes, la acidez o alcalinidad del suelo (pH), la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la presencia de sales y otros compuestos químicos. Estas características son fundamentales para determinar la fertilidad y la capacidad del suelo para sustentar el crecimiento de las plantas (Wall, D. H., 2012, Soil Ecology and Ecosystem Services).
- 3. Composición microbiológica del suelo.** "La vida en el suelo es asombrosa y compleja. El suelo es hogar de una vasta comunidad de microorganismos, que incluyen bacterias, hongos, actinomicetos y otros organismos invisibles. Estos organismos desempeñan un papel esencial en la descomposición de la materia orgánica, la liberación de nutrientes para las plantas, la formación de agregados del suelo y la supresión de enfermedades. La composición y actividad de la comunidad microbiológica del suelo son indicadores clave de la salud y la calidad del suelo" (Wall, D. H., 2012, Soil Ecology and Ecosystem Services).
- 4. Características físicas del suelo.** Las características físicas del suelo son el tamaño y la proporción de las partículas minerales que lo forman. Estas

características determinan la textura, estructura, porosidad y color del suelo. Algunas de las características físicas más importantes del suelo son: Textura, Estructura, Color, Densidad. La condición física del suelo influye en aspectos como: Fuerza de sostenimiento, Facilidad para la penetración de las raíces, Aireación, Capacidad de almacenamiento de agua, Retención de nutrientes (Wall, D. H., 2012, Soil Ecology and Ecosystem Services).

- 5. Cultivo de Papa.** "El cultivo de papa se refiere a la producción de la planta de papa (*Solanum tuberosum*) con el objetivo de obtener tubérculos de calidad. Este cultivo es ampliamente practicado a nivel mundial debido a la importancia alimentaria y económica de la papa como Nota de carbohidratos y nutrientes. El cultivo de papa requiere una serie de prácticas agronómicas específicas, incluyendo la selección de variedades adecuadas, la preparación del suelo, la siembra, el manejo del riego y la fertilización, el control de plagas y enfermedades, y la cosecha y almacenamiento adecuados de los tubérculos" (Melgar, P., 2012, Cultivo de papa: Tecnología agrícola para la producción de tubérculos).
- 6. Las condiciones mínimas aceptables.** Se refieren a los estándares o requisitos mínimos que deben cumplirse para garantizar un nivel básico de calidad o satisfacción en determinado ámbito o contexto. Estas condiciones se establecen para asegurar que se cumplan ciertos criterios mínimos en áreas como vivienda, salud, educación, trabajo, entre otros (Melgar, P., 2012, Cultivo de papa: Tecnología agrícola para la producción de tubérculos).
- 7. Comunidad campesina.** Es una forma de organización social y territorial que se encuentra principalmente en áreas rurales. Se caracteriza por agrupar a personas que comparten un vínculo histórico, cultural y económico con la tierra y la agricultura (Melgar, P., 2012, Cultivo de papa: Tecnología agrícola para la producción de tubérculos).

- 8. Suelo dedicado al cultivo de papa.** Es aquel terreno que ha sido preparado y utilizado específicamente para el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa. Este tipo de suelo es seleccionado y preparado teniendo en cuenta las necesidades y requisitos de este cultivo en particular (Melgar, P., 2012, Cultivo de papa: Tecnología agrícola para la producción de tubérculos).
- 9. Condición del suelo.** Se refiere al estado físico, químico y biológico en el que se encuentra un suelo en particular. La condición del suelo puede variar según factores como el tipo de suelo, las prácticas agrícolas, el manejo del suelo y las condiciones climáticas (Melgar, P., 2012, Cultivo de papa: Tecnología agrícola para la producción de tubérculos).
- 10. Microorganismos beneficiosos en el suelo.** Son organismos vivos de tamaño microscópico, como bacterias, hongos y actinomicetos, que desempeñan funciones importantes para el equilibrio y la salud del suelo. Estos microorganismos tienen efectos positivos en la fertilidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes, la estructura del suelo y la protección de las plantas contra enfermedades (Melgar, P., 2012, Cultivo de papa: Tecnología agrícola para la producción de tubérculos).
- 11. El suelo.** Es una capa superficial de la superficie terrestre compuesta por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Es un recurso natural fundamental para el crecimiento de las plantas y el sustento de la vida en la Tierra (Melgar, P., 2012, Cultivo de papa: Tecnología agrícola para la producción de tubérculos).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación realizado para el trabajo titulado "Características edáficas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023" es de tipo descriptivo. Este tipo de investigación se centra en la observación y descripción de las características edáficas del suelo en las comunidades específicas sin manipular variables. El objetivo es proporcionar una descripción detallada y precisa de las propiedades del suelo que influyen en el cultivo de la papa, identificando patrones y relaciones entre las diferentes características edáficas.

4.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es el nivel correlacional. En este nivel, no solo se describen las características del suelo, sino que también se busca identificar y analizar la relación entre estas características y el rendimiento del cultivo de papa. Se pretende establecer cómo las distintas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo influyen en la productividad y calidad del cultivo, proporcionando una comprensión más profunda de las interacciones entre el suelo y el cultivo de papa en las comunidades de estudio.

4.1.3. Metodología de la investigación

La metodología empleada en la investigación sobre "Características edáficas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023" se desarrolló en varias etapas clave, cada una cuidadosamente diseñada para garantizar la precisión y validez de los datos recopilados.

En la primera etapa, se llevó a cabo un muestreo estratificado del suelo en las comunidades seleccionadas. Se determinó un diseño de muestreo que incluyó la división de cada comunidad en parcelas representativas basadas en la variabilidad del terreno y

el uso agrícola. En cada parcela, se seleccionaron aleatoriamente puntos de muestreo para recolectar muestras de suelo. Las muestras se tomaron a diferentes profundidades (0-20 cm y 20-40 cm) para obtener un perfil completo de las características edáficas en la zona de cultivo de papa.

Una vez recolectadas las muestras de suelo, se procedió a su análisis en el laboratorio. Los análisis incluyeron la determinación de la textura del suelo mediante el método de la sedimentación, la evaluación de la estructura del suelo a través de la observación microscópica y la clasificación de los agregados, y la medición de la densidad aparente utilizando el método del cilindro. La porosidad se calculó a partir de la densidad aparente y la densidad real del suelo. Para medir el pH del suelo, se utilizó un potenciómetro en una suspensión de suelo y agua. La materia orgánica se determinó mediante el método de Walkley-Black, y los contenidos de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, se analizaron utilizando los métodos Kjeldahl, Olsen y extracción con acetato de amonio, respectivamente.

Además, se recopiló información sobre el rendimiento del cultivo de papa en cada una de las parcelas muestreadas mediante un cuestionario de encuesta. Esto incluyó datos sobre la producción total, el peso de los tubérculos, y la calidad del producto final. Para su análisis se ha utilizado software especializado para identificar patrones y relaciones significativas entre las variables estudiadas.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron interpretados y discutidos en el contexto de las condiciones agronómicas y socioeconómicas de las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. Se realizaron recomendaciones prácticas para la mejora de las prácticas agrícolas basadas en los hallazgos del estudio, con el objetivo de optimizar la producción de papa y la gestión sostenible del suelo en la región.

4.2. **Ámbito temporal y espacial**

4.2.1. **Ámbito temporal**

El periodo en se llevó a cabo esta investigación fue a partir del mes de marzo a junio de 2023.

4.2.2. **Ámbito espacial**

Ubicación política

País : Perú
 Región : Apurímac
 Provincia : Andahuaylas
 Distrito : San Jerónimo
 Comunidad : Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa

Ubicación geográfica

Las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa se encuentran situados geográficamente en:

Tabla 2

Ubicación geográfica de las Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa

Comunidad	Latitud	Longitud	Altitud
Chulcuisa	-13.6686	-73.26	3740 m s. n. m.
Choccecancha	-13.6788	-73.267	3708 m s. n. m.
Cupisa	-13.6828	-73.2786	3713 m s. n. m.

Nota: (Google Eart, 2023)

Ubicación hidrográfica

Cuenca : Río Pampas
 Micro cuenca : Río Chumbao

4.3. **Población y muestra**

4.3.1. **Población**

La población para esta investigación la conformaron todos los productores de Papa (*Solanum tuberosum L.*) en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en el distrito de San Jerónimo, del departamento de Apurímac 2023,

que sumaban un total de 456 productores. Estos productores habían realizado la producción durante la campaña 2022-2023.

4.3.2. Muestra

La muestra se ha realizado mediante la fórmula

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2(N-1) + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

n = El tamaño de la muestra.

N = El tamaño de la población = 456

p = Desviación estándar de la población 0,05 (q = 1-p)

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96.

e = Límite aceptable de error muestral en este caso es 0.05.

Reemplazando valores se tiene:

$$n = \frac{456 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.03^2(456 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 209$$

Es decir, la muestra significativa al 95% de confiabilidad está conformada como mínimo por un total de 209 agricultores de papa de las tres comunidades, sin embargo se requiere un muestreo estratificado como se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 3

Muestra por estratos

Comunidad	Población	Proporción (%)	Muestra (aprox)	Muestra real
Chullcuisa	131	28.73	60.04	61.00
Choccecancha	140	30.70	64.17	65.00
Cupisa	185	40.57	84.79	85.00
Total	456	100.00	209	211

Nota: Elaboración propia

Por lo tanto en base a los resultados del muestreo estratificado de la **Tabla (3)** la muestra de esta investigación es 211 como mínimo sin embargo se ha realizado la encuesta a 218 agricultores de papa.

4.3.3. Muestreo

El muestreo, debido a las características de la variable de la investigación, fue estratificado, y en cada estrato fue aleatorio simple. Esto se debió a que todos los integrantes de la población tenían las mismas probabilidades de formar parte de la muestra.

4.4. Instrumentos

Para la recolección de datos en el estudio "Características edáficas del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac 2023", se emplearon diversos instrumentos especializados. Entre ellos, se utilizaron barrenas para la extracción de muestras de suelo a diferentes profundidades, asegurando la representatividad de cada estrato del suelo. Se emplearon cilindros de volumen conocido para la medición de la densidad aparente del suelo, y frascos de sedimentación para la determinación de la textura del suelo mediante el método de la sedimentación. Para la medición del pH del suelo, se utilizó un potenciómetro calibrado, mientras que la materia orgánica se determinó usando reactivos específicos para el método de Walkley-Black. Además, se utilizaron kits de análisis químico y espectrofotómetros para la determinación de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Los datos de rendimiento del cultivo se recolectaron mediante encuestas y registros de campo, donde se anotaron la producción total y la calidad de los tubérculos cosechados.

4.5. Procesamientos

Una vez recolectadas las muestras y los datos de campo, se procedió al procesamiento de los mismos en el laboratorio y mediante software especializado. Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron para eliminar impurezas y obtener una muestra homogénea. Los análisis de laboratorio se realizaron siguiendo protocolos estándar para asegurar la precisión y repetibilidad de los resultados. Los datos obtenidos de las mediciones de textura, estructura, densidad aparente, porosidad, pH, materia

orgánica y contenidos de nutrientes fueron ingresados en una base de datos estructurada. Cada conjunto de datos fue verificado y validado para detectar y corregir posibles errores o inconsistencias. Los datos cualitativos y cuantitativos sobre el rendimiento del cultivo se organizaron de manera similar, permitiendo su integración con los datos edáficos para posteriores análisis.

4.6. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó utilizando técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales para identificar patrones y relaciones significativas entre las características edáficas del suelo y el rendimiento del cultivo de papa. Se emplearon programas de análisis estadístico como SPSS y R para realizar pruebas de correlación, análisis de varianza (ANOVA) y regresiones múltiples. El objetivo fue determinar cómo las distintas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo influían en la producción y calidad de la papa. Además, se realizaron análisis multivariados para evaluar la interacción entre múltiples variables edáficas y su efecto combinado en el rendimiento del cultivo. Los resultados del análisis estadístico fueron interpretados en el contexto agronómico y ecológico de las comunidades estudiadas, proporcionando una comprensión integral de las dinámicas del suelo y su impacto en la agricultura local. Las conclusiones y recomendaciones se basaron en estos análisis, ofreciendo estrategias prácticas para mejorar la gestión del suelo y optimizar la producción de papa en la región.

4.7. Consideraciones éticas

En primer lugar, se obtuvo el consentimiento informado de las comunidades participantes. Antes de comenzar la recolección de datos, se realizaron reuniones informativas con los líderes y miembros de las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa para explicar los objetivos, métodos y beneficios potenciales del estudio. Se aseguró que la participación fuera completamente voluntaria y que los participantes tuvieran la libertad de retirarse del estudio en cualquier momento sin repercusiones negativas.

Se garantizó la confidencialidad y anonimato de los datos recolectados. Los datos personales y específicos de las parcelas de los agricultores fueron codificados y almacenados de manera segura para evitar cualquier identificación individual. Solo el equipo de investigación tuvo acceso a la información confidencial, y se comprometió a utilizar los datos exclusivamente con fines académicos y científicos.

Durante la recolección de muestras de suelo y datos de rendimiento de cultivos, se minimizó cualquier daño o alteración al medio ambiente y las parcelas agrícolas. Se siguieron protocolos de muestreo que aseguraron la sostenibilidad del suelo y la preservación de las condiciones naturales de las parcelas de cultivo.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

5.1.1. Propiedades física del suelo dedicado al cultivo de papa

a) Textura del suelo

i) Arena (%)

Tabla 4

Contenido de Arena (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

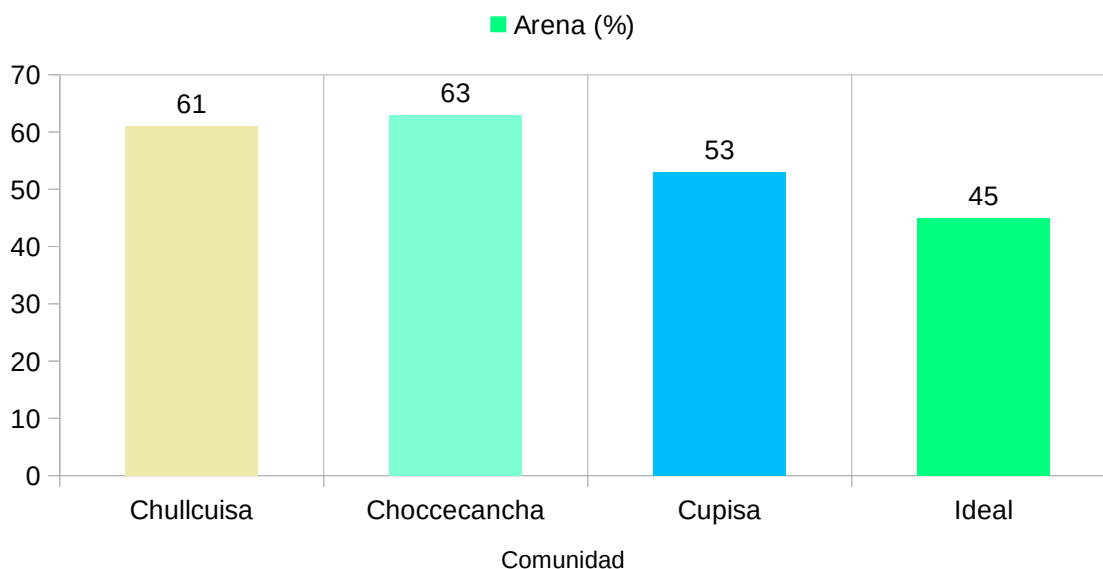
Comunidad	Arena (%)	Porcentaje ideal (%)
Chullcuisa	61	45
Choccecancha	63	45
Cupisa	53	45

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (4)** se presenta los datos observados, del contenido de Arena (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el contenido de arena en el suelo de Chullcuisa es del 61%, lo que está por encima del porcentaje ideal del 45%, esto significa que el suelo de Chullcuisa es más arenoso de lo ideal para el cultivo de papa. En Choccecancha, el contenido de arena en el suelo es del 63%, lo que también está por encima del porcentaje ideal del 45%. Al igual que en Chullcuisa, esto indica que el suelo de Choccecancha es más arenoso de lo ideal para la papa y el contenido de arena en el suelo de Cupisa es del 53%, lo que es lo más cercano al porcentaje ideal del 45% entre las tres comunidades. Sin embargo, todavía está un poco por encima del ideal, lo que significa que el suelo de Cupisa también es ligeramente arenoso para la papa. En la **Figura (3)** se visualiza gráficamente el contenido de Arena (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (4)**.

Figura 3

Contenido de Arena (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

ii) Limo (%)

Tabla 5

Contenido de Limo (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	Limo (%)	Porcentaje ideal (%)
Chullcuisa	36	40
Choccecancha	32	40
Cupisa	35	40

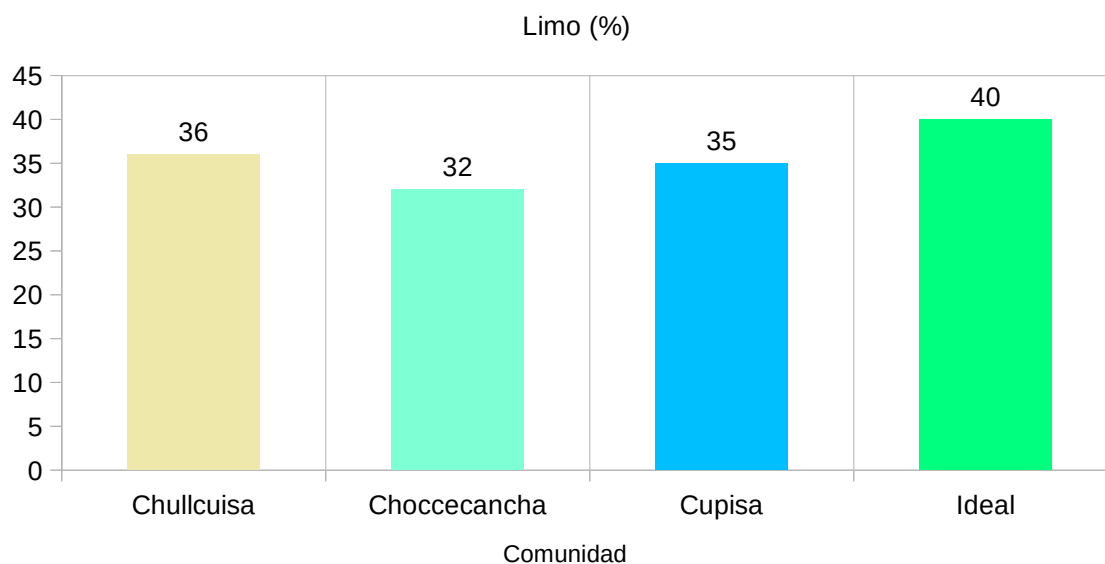
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (5)** se presenta los datos observados, del contenido de Limo (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el suelo de Chullcuisa posee un contenido de limo del 36%, cercano al óptimo del 40%, lo cual indica una textura idónea para el cultivo de papa. Por otro lado, tanto Choccecancha como Cupisa presentan un contenido de limo del 32% y 35% respectivamente, ligeramente por debajo del nivel óptimo, lo que sugiere una textura ligeramente arenosa en ambos casos para el cultivo de papa. En la **Figura (4)** se

visualiza gráficamente el contenido de Limo (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (5)**.

Figura 4

Contenido de Limo (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

iii) Arcilla (%)

Tabla 6

Contenido de Arcilla (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	Arcilla (%)	Porcentaje ideal (%)
Chullcuisa	3	15
Choccecancha	5	15
Cupisa	11	15

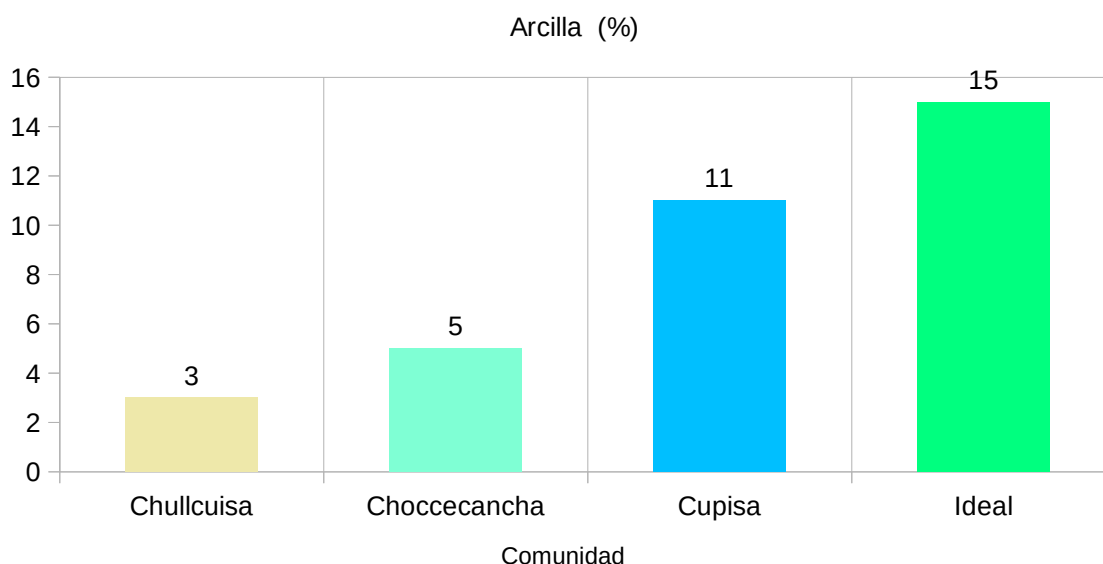
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (6)** se presenta los datos observados, del contenido de Arcilla (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el suelo de Chullcuisa exhibe un contenido de arcilla del 3%, considerablemente bajo en comparación con el óptimo del 15%, lo que indica una textura extremadamente arenosa y deficitaria en arcilla para el cultivo de papa. De

manera similar, Choccecancha presenta un contenido de arcilla del 5%, también por debajo del nivel ideal, reflejando una textura arenosa y carente de arcilla para la papa. En contraste, el suelo de Cupisa muestra un contenido de arcilla del 11%, el más cercano al ideal de las tres comunidades, aunque aún levemente por debajo, lo que sugiere una textura ligeramente arenosa y deficiente en arcilla para el cultivo de papa. En la **Figura (5)** se visualiza gráficamente el contenido de Arcilla (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (6)**.

Figura 5

Contenido de Arcilla (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

iv) Clase textural

Tabla 7

Clase textural del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	Clase textural	Observación
Chullcuisa	Fr. A.	Franco arenoso
Choccecancha	Fr. A.	Franco arenoso
Cupisa	Fr. A.	Franco arenoso

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (7)** se presenta los datos observados, del contenido de Clase textural del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa comparten la misma clase textural, siendo todas franco arenosas, lo que implica un contenido destacado de arena y una proporción más reducida de arcilla. Esta característica textural es apropiada para el cultivo de papa en general, ya que ofrece un equilibrio idóneo entre drenaje, retención de agua y aireación, aspectos cruciales para el desarrollo óptimo de la papa, sin embargo, es importante tener en cuenta que la clase textural no es el único factor que determina la calidad del suelo para el cultivo de papa, también es importante considerar el contenido de materia orgánica, pH, nutrientes entre otros. Por otro lado también es importante notar que la clase textural ideal para cultivos de hortalizas de raíz (zanahorias, remolachas, papas) es Franco arenoso, de frutas (manzanas, naranjas, uvas) es Franco, para el cultivo de hortalizas de hoja verde (lechuga, espinacas, col) es Franco limoso, para Cereales (trigo, maíz, arroz) es Franco y Legumbres (garbanzos, lentejas, frijoles) es un suelo Franco.

b) Estructura del suelo

Tabla 8

Estructura del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	Estructura	Observación
Chullcuisa	Migajosa	Textura granular fina
Choccecancha	Migajosa	Textura granular fina
Cupisa	Migajosa	Textura granular fina

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (8)** se presenta los datos observados, de la Estructura del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que las tres comunidades tienen la misma estructura del suelo, "Migajosa", esto sugiere una cierta homogeneidad en las características del suelo en las zonas donde se cultiva la papa. La estructura de suelo migajosa es un tipo de estructura

de suelo que se caracteriza por tener una textura granular fina y una alta capacidad de retención de agua, es típicamente suave al tacto y se desmorona fácilmente en partículas pequeñas similares a migajas cuando se manipula. Este tipo de suelo suele retener la humedad por más tiempo, lo que puede ser beneficioso para el cultivo de ciertos tipos de plantas, pero también puede presentar desafíos de drenaje y aireación si no se maneja adecuadamente.

c) Porosidad (%)

Tabla 9

Porosidad (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

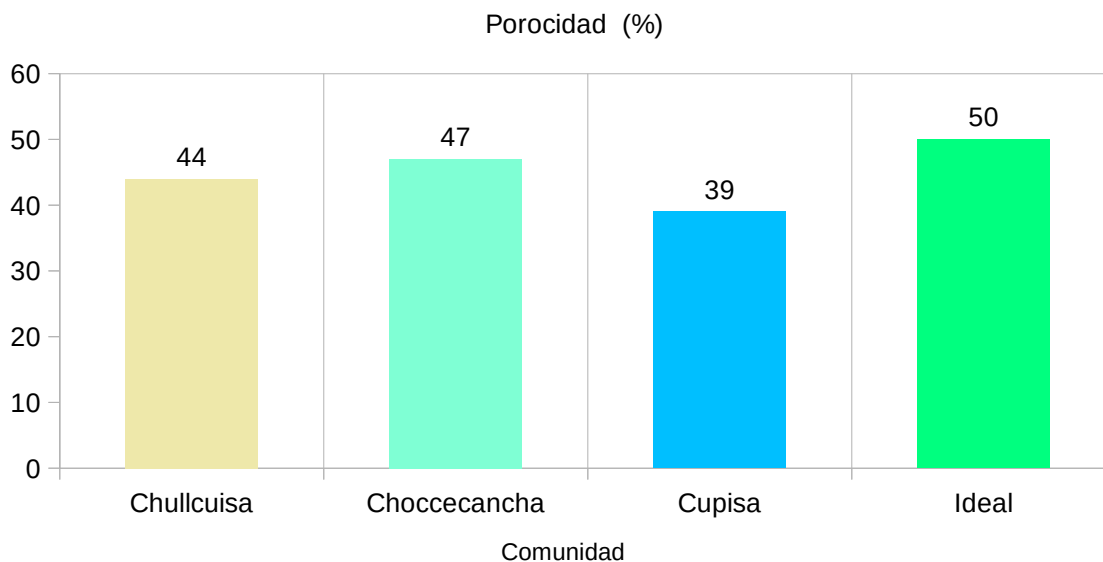
Comunidad	Porosidad (%)	Porcentaje ideal (%)
Chullcuisa	44	Entre 45% y 55%
Choccecancha	47	Entre 45% y 55%
Cupisa	39	Entre 45% y 55%

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (9)** se presenta los datos observados, de la Porosidad (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que la porosidad del suelo varía entre las comunidades estudiadas, siendo Chullcuisa la que presenta la media porosidad (44%), luego Choccecancha con una porosidad mayor (47%), y Cupisa con la menor porosidad (39%). En el caso de Chullcuisa y Choccecancha, la porosidad del suelo se encuentra dentro del rango ideal, lo que podría ser beneficioso para el cultivo de papa en ambas áreas, sin embargo, en Cupisa, la porosidad del suelo está ligeramente por debajo del rango ideal, lo que podría tener un impacto negativo en el crecimiento de la papa en esta región. En la **Figura (6)** se visualiza gráficamente la Porosidad (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (9)**.

Figura 6

Porosidad (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

5.1.2. Propiedades químicas del suelo dedicado al cultivo de papa

a) pH

Tabla 10

pH del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	pH	Clasificación
Chullcuisa	5.49	Fuertemente ácido
Choccecancha	4.94	Fuertemente ácido
Cupisa	4.52	Fuertemente ácido

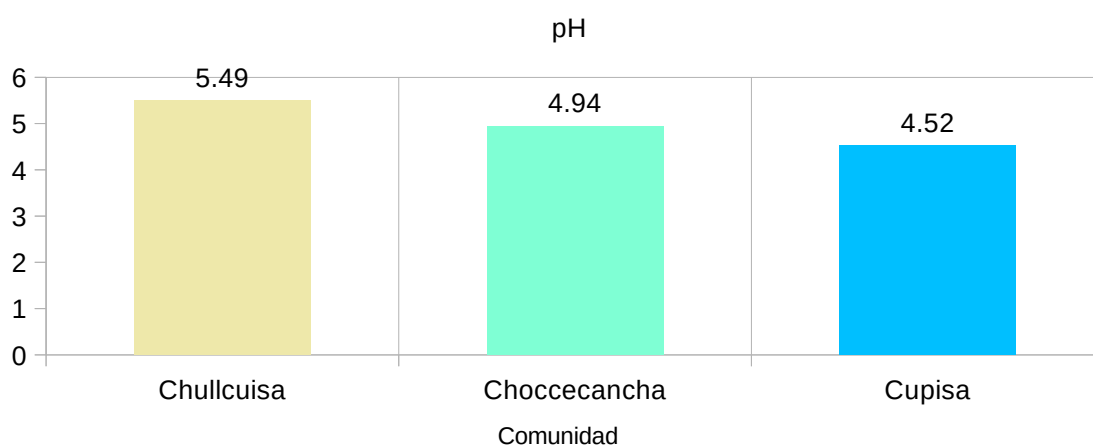
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (10) se presenta los datos observados, del pH del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el suelo de Chullcuisa presenta un pH de 5.49, categorizado como Fuertemente ácido para el cultivo de papa, en Choccecancha, el pH del suelo es de 4.94, considerado fuertemente ácido, lo que puede tener efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de la papa debido a su baja acidez. De manera similar, en Cupisa, el pH del suelo es de 4.52, también clasificado como fuertemente ácido, lo que supone un

ambiente poco propicio para el cultivo de papa y puede impactar negativamente en su rendimiento. En la **Figura (7)** se visualiza gráficamente pH del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (10)**.

Figura 7

pH del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

b) Conductividad eléctrica (CE) (dS/m)

Tabla 11

Conductividad eléctrica (CE) (dS/m) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	CE (dS/m)	Clasificación
Chullcuisa	0.18	Muy ligeramente salino
Choccecancha	0.26	Muy ligeramente salino
Cupisa	0.08	Muy ligeramente salino

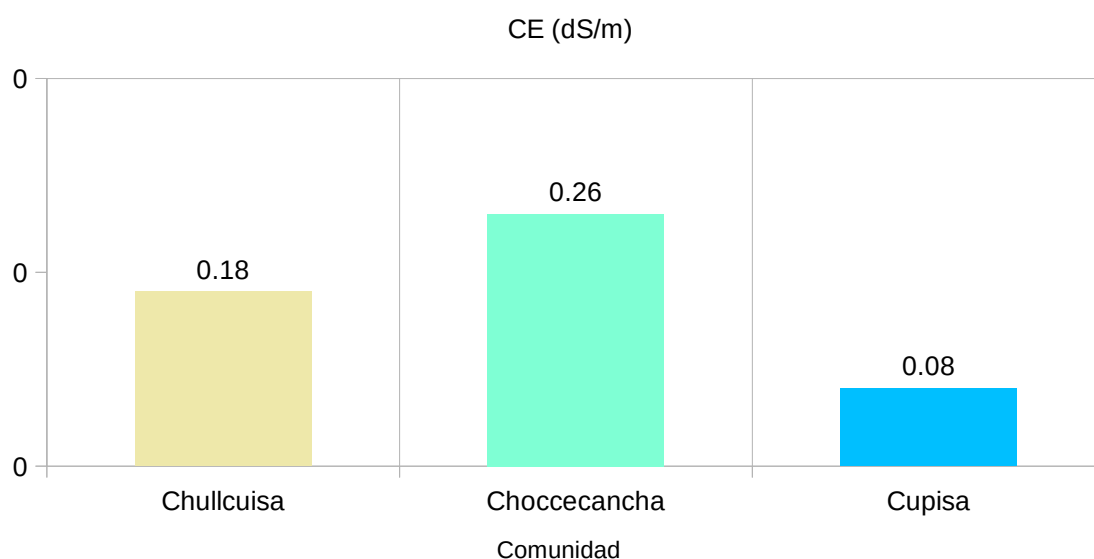
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (11)** se presenta los datos observados, de Conductividad eléctrica (CE) (dS/m) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, la Conductividad Eléctrica (CE) del suelo es muy ligeramente salina, lo que indica que la cantidad de sales solubles presentes en el suelo es baja y no se espera que tenga un impacto negativo en el crecimiento de la papa, en general, esta

CE del suelo es adecuada para el cultivo de papa, ya que la papa es una planta que tolera moderadamente la salinidad. En la **Figura (8)** se visualiza gráficamente la CE (dS/m) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (11)**.

Figura 8

Conductividad eléctrica (CE) (dS/m) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

c) Materia orgánica (M.O.) (%)

Tabla 12

Contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	M.O. (%)	Clasificación
Chullcuisa	9.40	Alto
Choccecancha	9.81	Alto
Cupisa	7.39	Alto

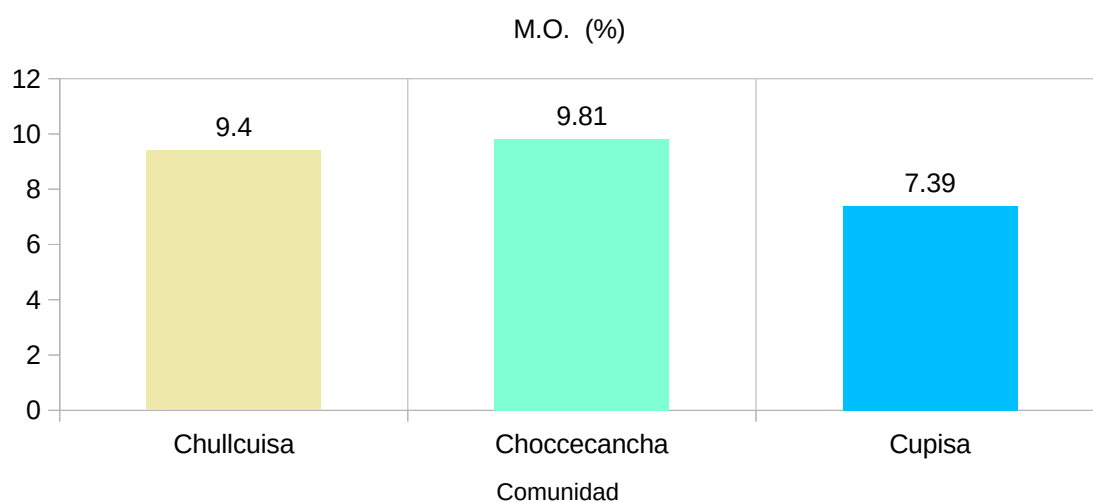
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (12)** se presenta los datos observados, del contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que en Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, el contenido de materia orgánica (M.O.) en el suelo es elevado,

lo que indica la presencia de una cantidad sustancial de material orgánico beneficioso para el cultivo de papa, es decir el suelo es adecuado para el cultivo de papa, ya que la materia orgánica ofrece numerosas ventajas, tales como mejorar la estructura del suelo, aumentar su capacidad de retención de agua y nutrientes, promover la actividad microbiológica beneficiosa, y contribuir a la salud general del suelo y el crecimiento de las plantas, lo que favorece el desarrollo de los cultivos de papa en estas comunidades. En la **Figura (9)** se presenta el contenido de M.O. (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (12)**.

Figura 9

Contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

d) Fósforo (P) (ppm)

Tabla 13

Contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

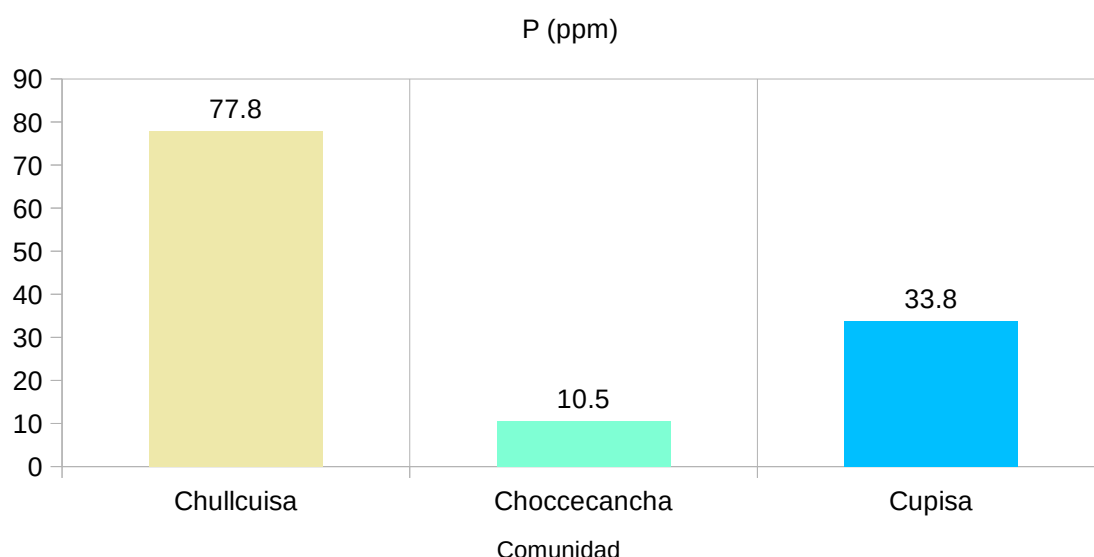
Comunidad	P (ppm)	Clasificación
Chullcuisa	77.80	Alto
Choccecancha	10.50	Medio
Cupisa	33.80	Alto

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (13) se presenta los datos observados, del contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el contenido de fósforo (P) en el suelo de Chullcuisa y Cupisa es alto, lo que indica una cantidad suficiente de este nutriente esencial para el crecimiento de la papa en ambas comunidades. Por otro lado, en Choccecancha, el contenido de P del suelo es de nivel medio, sugiriendo una cantidad moderada de fósforo, pero posiblemente requiriendo una fertilización fosfórica adicional para alcanzar un rendimiento óptimo en el cultivo de papa, es decir, mientras que en Chullcuisa y Cupisa el contenido de P del suelo es adecuado para el cultivo de papa, en Choccecancha podría ser necesario complementar con fertilizantes fosfóricos para garantizar un crecimiento óptimo de las plantas. En la **Figura** (10) se visualiza gráficamente el contenido de P (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla** (13).

Figura 10

Contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

e) Potasio (K) (ppm)

Tabla 14

Contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

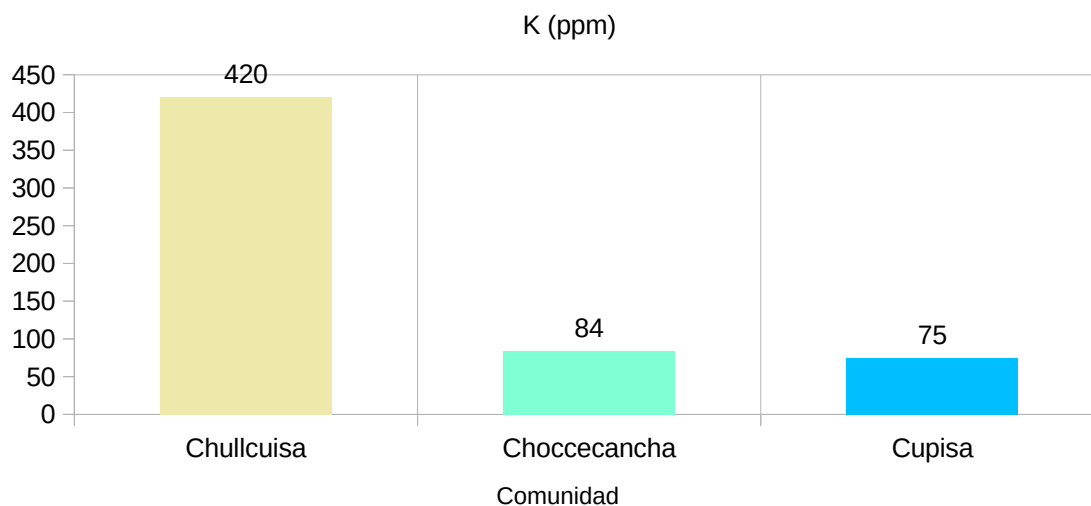
Comunidad	K (ppm)	Clasificación
Chullcuisa	420.00	Alto
Choccecancha	84.00	Bajo
Cupisa	75.00	Bajo

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (14) se presenta los datos observados, del contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el contenido de potasio (K) en el suelo de Chullcuisa es alto, lo que implica una cantidad suficiente de este nutriente crucial para el crecimiento saludable de la papa en esta comunidad, sin embargo, en Choccecancha y Cupisa, el contenido de potasio en el suelo es bajo, indicando una deficiencia de este elemento esencial que puede tener un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de la papa, por lo tanto en Choccecancha y Cupisa se requiere un aporte adicional de este nutriente para asegurar condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas de papa. En la **Figura** (11) se visualiza gráficamente el contenido de K (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla** (14).

Figura 11

Contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

f) Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g)

Tabla 15

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	CIC (meq/100g)	Clasificación
Chullcuisa	29.28	Alta
Choccecancha	24.16	Media
Cupisa	23.68	Media

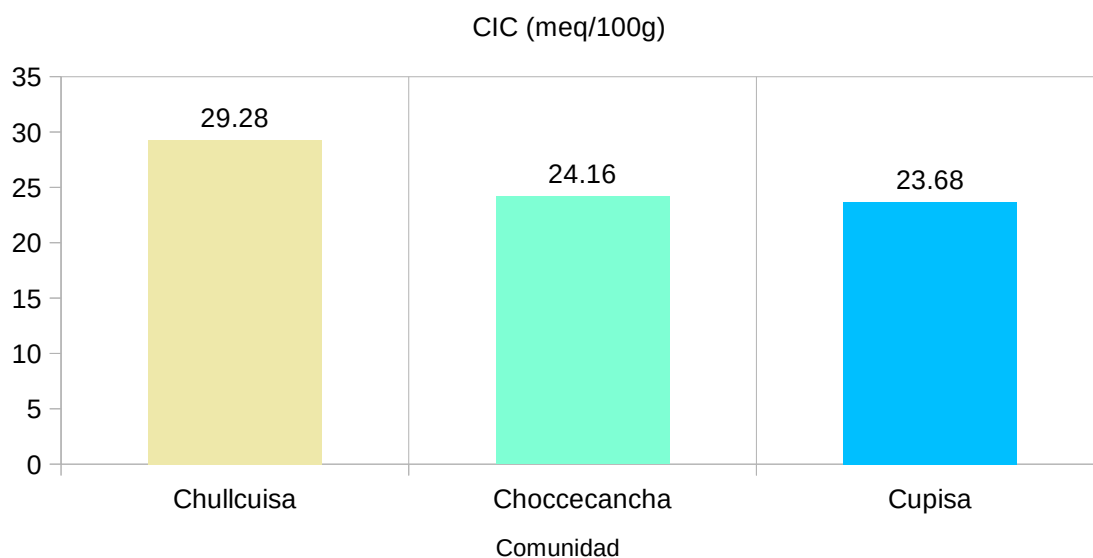
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (15) se presenta los datos observados, de la Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo en Chullcuisa se registra como alta, alcanzando los 29.28 meq/100g, mientras que en Choccecancha y Cupisa se considera media, con valores de 24.16 meq/100g y 23.68 meq/100g respectivamente, es decir el CIC del suelo en las tres comunidades es adecuada para el cultivo de papa. En la **Figura** (12) se visualiza gráficamente el contenido de CIC (meq/100g) del suelo dedicado al

cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (15)**.

Figura 12

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

g) Calcio (Ca⁺²) (meq/100g)

Tabla 16

Contenido de Calcio (Ca⁺²) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	Ca ⁺² (meq/100g)	Clasificación
Chullcuisa	13.32	Alto
Choccecancha	4.87	Medio
Cupisa	2.01	Bajo

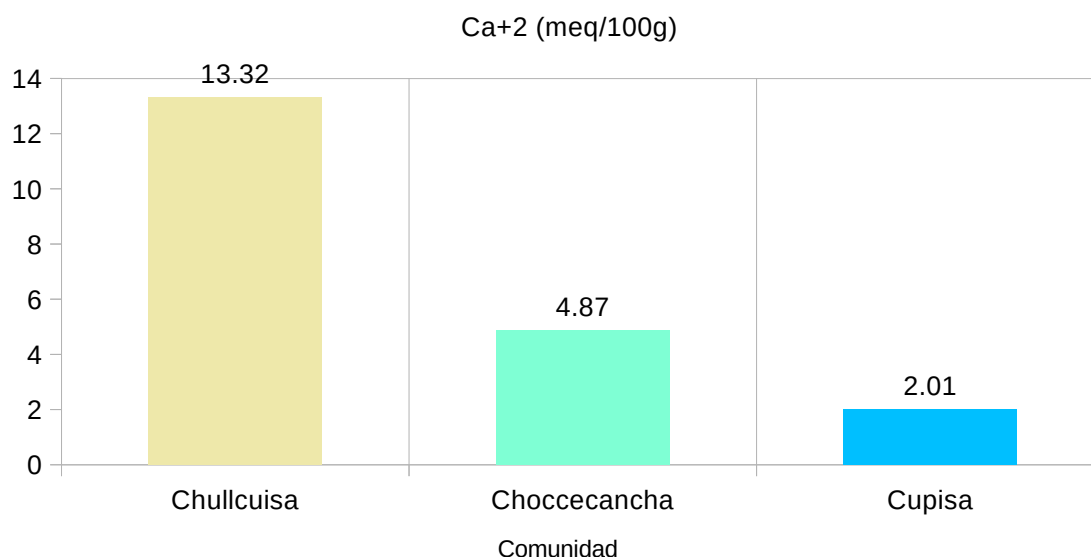
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (16)** se presenta los datos observados, del contenido de Calcio (Ca⁺²) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el contenido de Ca⁺² en el suelo de Chullcuisa se considera alto, aunque no se ha definido un rango específico para este análisis. En Choccecancha, el nivel de Ca⁺² es medio, posiblemente adecuado

para el cultivo de papa, aunque se aconseja una evaluación completa del suelo para comprender mejor la disponibilidad de otros nutrientes y las necesidades de fertilización específicas. Mientras tanto, en Cupisa, el contenido de Ca^{+2} es bajo, sugiriendo la necesidad de una aplicación de fertilizante cálcico para aumentar la disponibilidad de este nutriente y garantizar un óptimo crecimiento de la papa. En la **Figura** (13) se visualiza gráficamente el contenido de Ca^{+2} (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla** (16).

Figura 13

Contenido de Calcio (Ca^{+2}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

h) Magnesio (Mg^{+2}) (meq/100g)

Tabla 17

Contenido de Magnesio (Mg^{+2}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

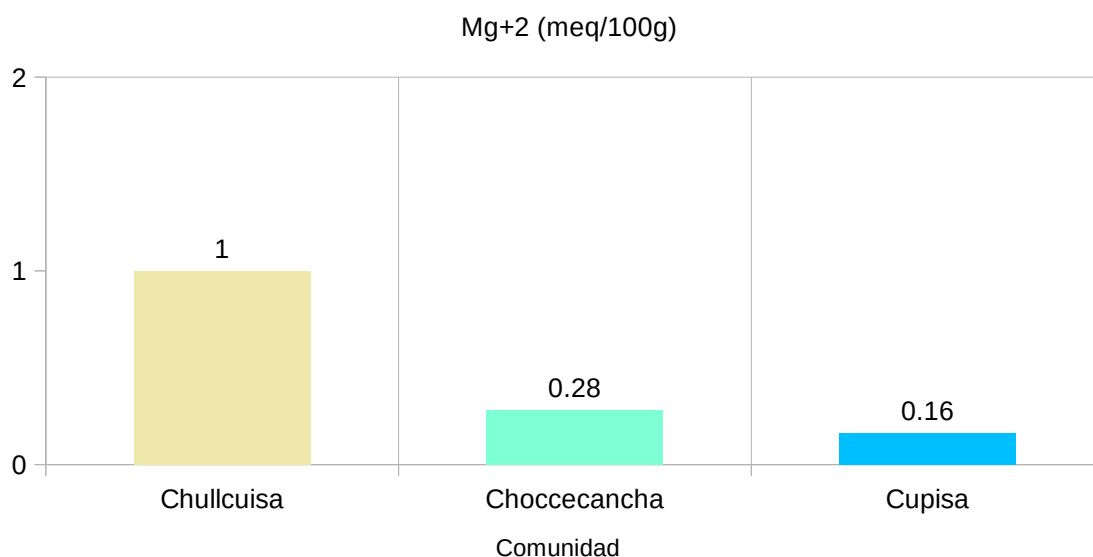
Comunidad	Mg+2 (meq/100g)	Clasificación
Chullcuisa	1.00	Bajo
Choccecancha	0.28	Bajo
Cupisa	0.16	Bajo

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (17) se presenta los datos observados, del contenido de Magnesio (Mg^{+2}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que el contenido de magnesio (Mg^{+2}) en el suelo de Chullcuisa se clasifica como bajo, aunque no se ha establecido un rango específico para este análisis, sin embargo, tanto en Choccecancha como en Cupisa, el contenido de Mg^{+2} es considerado como bajo, esta baja presencia de magnesio en el suelo en las tres comunidades podría tener repercusiones negativas en el crecimiento de la papa, ya que el magnesio desempeña un papel crucial en la formación de clorofila, la activación de enzimas y la calidad del producto. En la **Figura** (14) se visualiza gráficamente el contenido de Mg^{+2} (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla** (17).

Figura 14

Contenido de Magnesio (Mg^{+2}) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

i) **Potasio (K+) (meq/100g)**

Tabla 18

Contenido de Potasio (K+) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

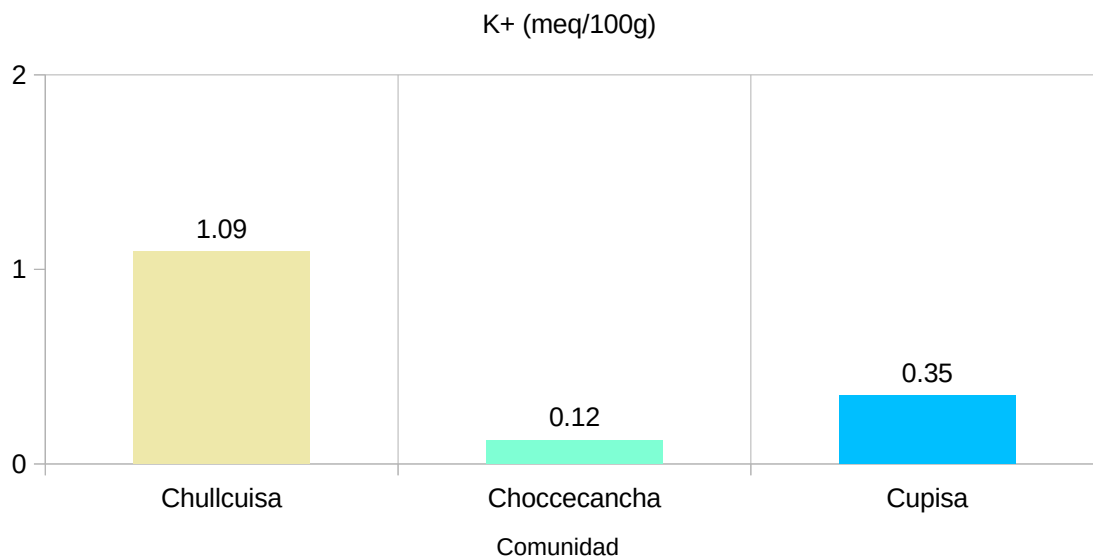
Comunidad	K+ (meq/100g)	Clasificación
Chullcuisa	1.09	Alto
Choccecancha	0.12	Bajo
Cupisa	0.35	Medio

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (18) se presenta los datos observados, del contenido de *Potasio* (K+) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que en Chullcuisa, el contenido de potasio es alto, con 1.09 meq/100g, mientras que en Choccecancha es bajo, con 0.12 meq/100g, y en Cupisa se sitúa en un nivel medio con 0.35 meq/100g. Estas diferencias en los niveles de potasio pueden influir en el rendimiento de los cultivos de papa en cada comunidad, siendo necesario considerar la fertilización y las prácticas agrícolas adecuadas para optimizar la producción en función de estos valores de contenido de potasio en el suelo. En la **Figura** (15) se visualiza gráficamente el contenido de *Potasio* (K+) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla** (18).

Figura 15

Contenido de Potasio (K+) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

j) Sodio (Na+) (meq/100g)

Tabla 19

Contenido de Sodio (Na+) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	Na+ (meq/100g)	Clasificación
Chullcuisa	0.01	Bajo
Choccecancha	0.01	Bajo
Cupisa	0.01	Bajo

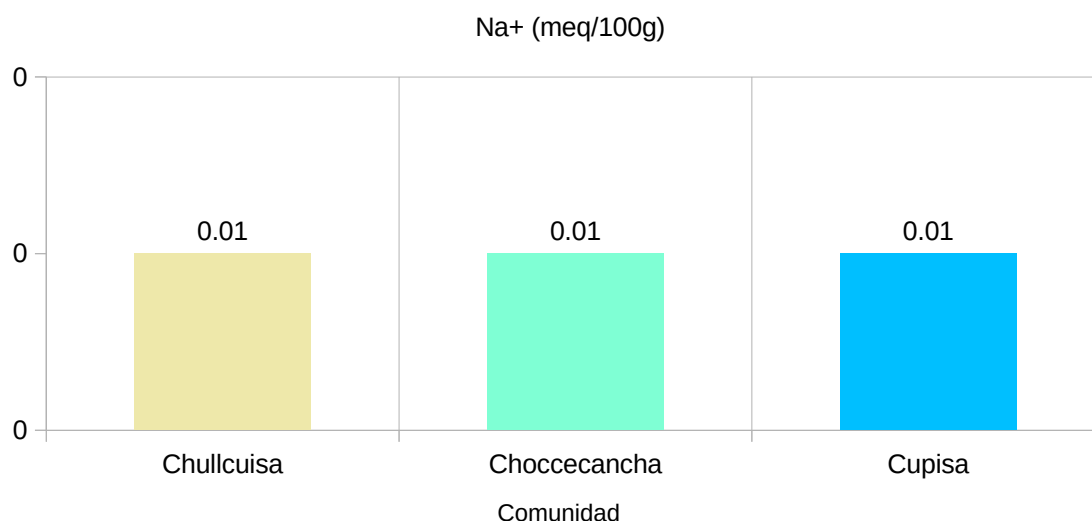
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (19) se presenta los datos observados, del contenido de Sodio (Na+) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en la que se visualiza que el contenido de sodio (Na+) en el suelo de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa se clasifica como bajo, aunque no se ha definido un rango específico para este análisis en estas comunidades, es decir, este bajo nivel de sodio en el suelo en las tres áreas es considerado adecuado para el cultivo de papa, ya que se espera que no tenga un efecto negativo significativo en su crecimiento. En la **Figura** (16) se visualiza gráficamente el contenido de Na+

(meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla (19)**.

Figura 16

Contenido de Sodio (Na+) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

k) Aluminio (Al³⁺+h⁺) (meq/100g)

Tabla 20

Contenido de Aluminio (Al³⁺+H⁻) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	Al-3+H- (meq/100g)	Clasificación
Chullcuisa	0.25	Medio
Choccecancha	0.35	Alto
Cupisa	2.00	Bajo

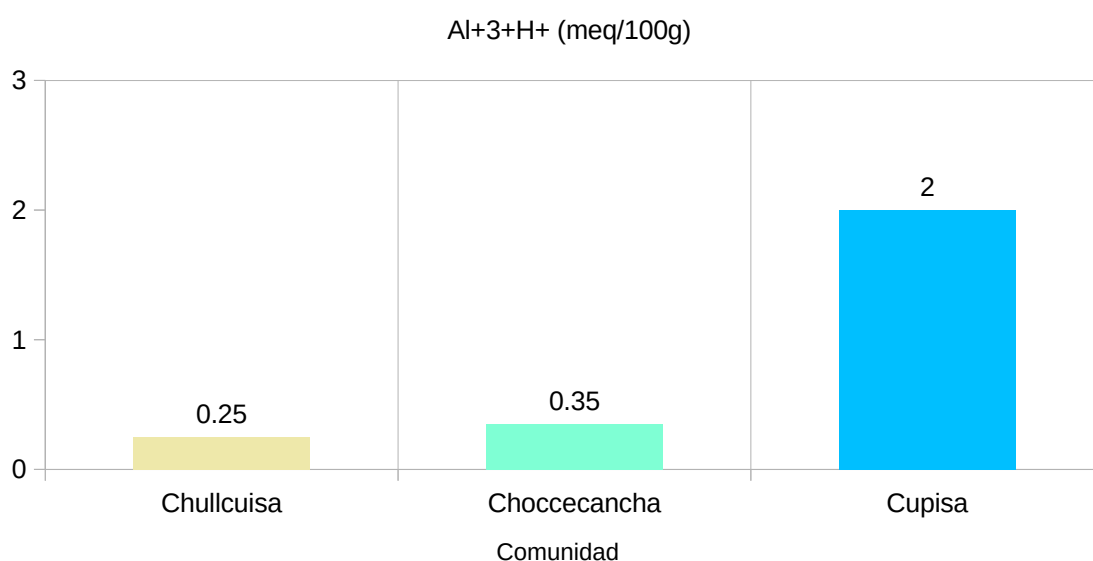
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (20)** se presenta los datos observados, del contenido de Aluminio (Al³⁺+h⁺) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que en Choccecancha, el contenido es de 0.35 meq/100g, lo que se clasifica como "Alto". Por otro lado, en Cupisa, el contenido es de 2.00 meq/100g, clasificándose como "Bajo". Estas clasificaciones indican diferentes niveles de concentración de aluminio en el suelo, lo que puede afectar

la disponibilidad de nutrientes para el cultivo de papa en cada comunidad y requerir estrategias de manejo del suelo adaptadas para optimizar el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En la **Figura** (17) se visualiza gráficamente el contenido de Aluminio ($Al+3+h+$) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa. según la **Tabla** (20).

Figura 17

Contenido de Aluminio ($Al+3+h+$) (meq/100g) del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.



Nota: Elaboración propia

5.1.3. Propiedades microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa

Tabla 21

Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa.

Comunidad	<i>Pythium sp.</i> (UFC/gr)	<i>Mucor sp.</i> (UFC/gr)	<i>Penicillium sp.</i> (UFC/gr)
Chullcuisa	7	40	4200
Choccecancha	4	1000	15000
Cupisa	4	50	10000

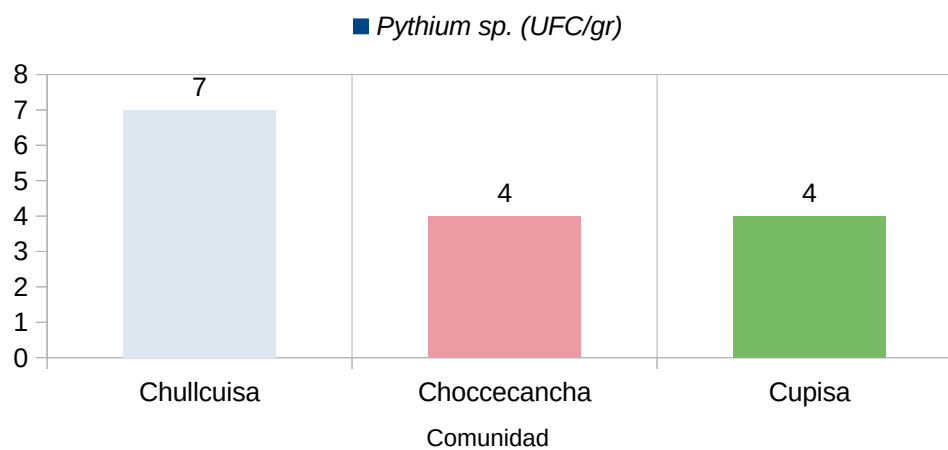
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (21) se presenta los datos observados mediante el análisis microbiológico del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se visualiza que en la comunidad de Chullcuisa, la

población de hongos *Penicillium sp.* es de 4200 gr. formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo. La población de hongos *Mucor sp.* (UFC/gr) es de 40 UFC por gramo de suelo y la población de *Pythium sp* es 7 (UFC/gr). Este suelo es favorable para el cultivo de papa ya que los hongos son importantes para la descomposición de la materia orgánica, la liberación de nutrientes para las plantas y la protección contra patógenos. Los hongos *Mucor sp.* también son importantes para la descomposición de la materia orgánica, pero también pueden ser patógenos para las plantas. En la comunidad de Choccecancha, la población de hongos *Penicillium sp.* es de 15000 UFC por gramo de suelo. La población de hongos *Mucor sp.* (UFC/gr) es de 1000 UFC por gramo de suelo y la población de *Pythium sp.* (UFC/gr) es 4. Esta relación es desfavorable para el cultivo de papa ya que las altas poblaciones de hongos pueden ser perjudiciales para las plantas, ya que pueden producir toxinas o competir con las plantas por los nutrientes. En la comunidad de Cupisa, la población de hongos es *Penicillium sp.* de 7000 UFC por gramo de suelo. La población de hongos *Mucor sp.* es de 7000 UFC por gramo de suelo y población de *Pythium sp* es 4 (UFC/gr). Esta relación es equilibrada ya que las altas poblaciones de hongos son beneficiosas para el cultivo de papa. En la **Figura** (18, 19 y 20) se visualiza gráficamente los promedios del Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa según la **Tabla** (21).

Figura 18

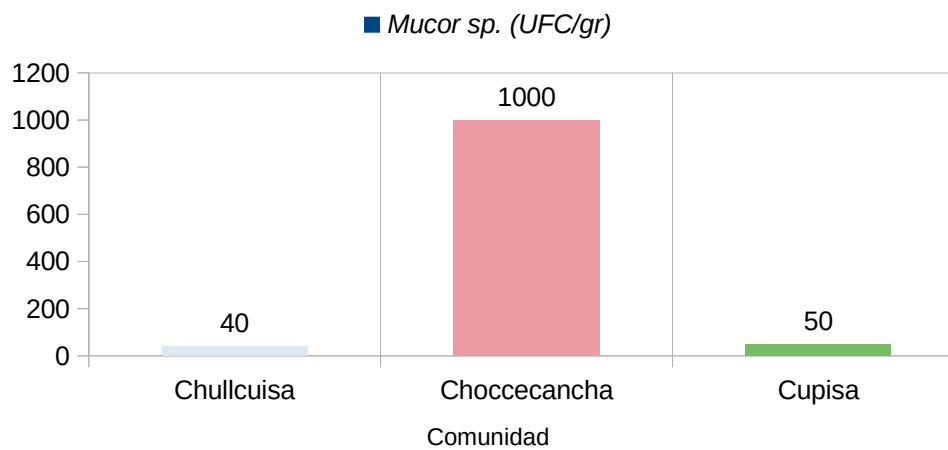
Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa (Pythium sp)



Nota: Elaboración propia

Figura 19

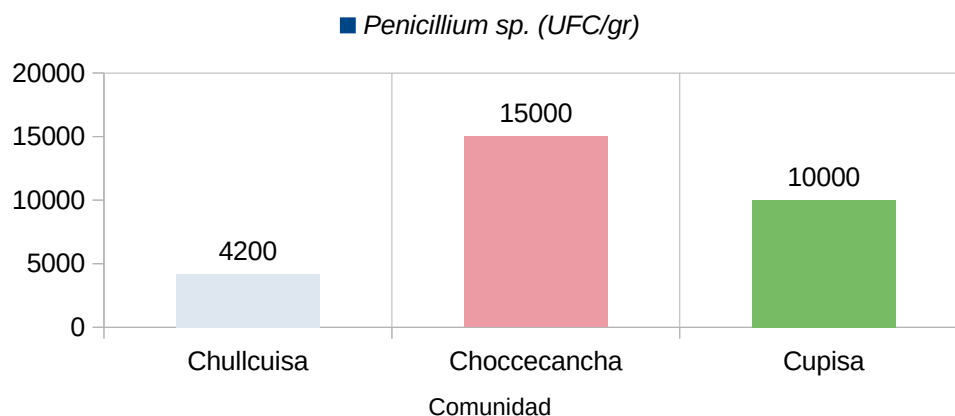
Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa (Mucor sp)



Nota: Elaboración propia

Figura 20

Composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa (Penicillium sp)



Nota: Elaboración propia

5.1.4. Características de la producción de papa en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa

P1: ¿Qué extensión de papa siembra usted (ha)?

Tabla 22

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué extensión de papa siembra usted (ha)?

Intervalo (ha)	fi	hi%	Hi%
[0.04;1.04]	164	75.23	75.23
(1.04;2.04]	47	21.56	96.79
(2.04;3.04]	3	1.38	98.17
(3.04;4.04]	3	1.38	99.54
(4.04;5.04]	0	0	99.54
(5.04;6.04]	1	0.46	100

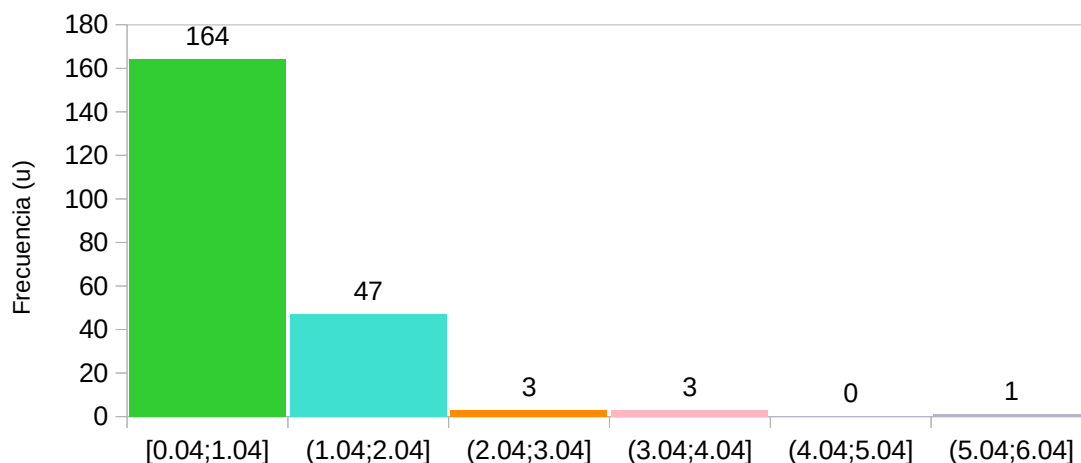
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (22)** y **Figura (21)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Qué extensión de papa siembra usted (ha)? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se muestra que 164 (75.23 %) integrantes de la muestra refieren que la extensión del cultivo de papa se encuentra en el intervalo [0.04;1.04] ha, mientras 47 (21.56 %) refieren entre (1.04;2.04] ha, luego 3 (1.38 %) entre (2.04;3.04] ha, 3 (1.38 %) en el

intervalo (3.04;4.04] ha, 0 (0 %) entre (4.04;5.04] ha, 1 (0.46 %) en el intervalo (5.04;6.04] ha.

Figura 21

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué extensión de papa siembra usted (ha)?



Nota: Elaboración propia

P2: ¿Qué variedades de papa siembra?

Tabla 23:

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué variedades de papa siembra?

P2	fi	hi%	Hi%
Huayro	78	35.78	35.78
Huayro, Peruanita	18	8.26	44.04
Huayro, Putis	14	6.42	50.46
Peruanita	27	12.39	62.84
Peruanita, Huayro, Putis	16	7.34	70.18
Peruanita, Putis	18	8.26	78.44
Putis	47	21.56	100.00
Total Resultado	218	100.00	

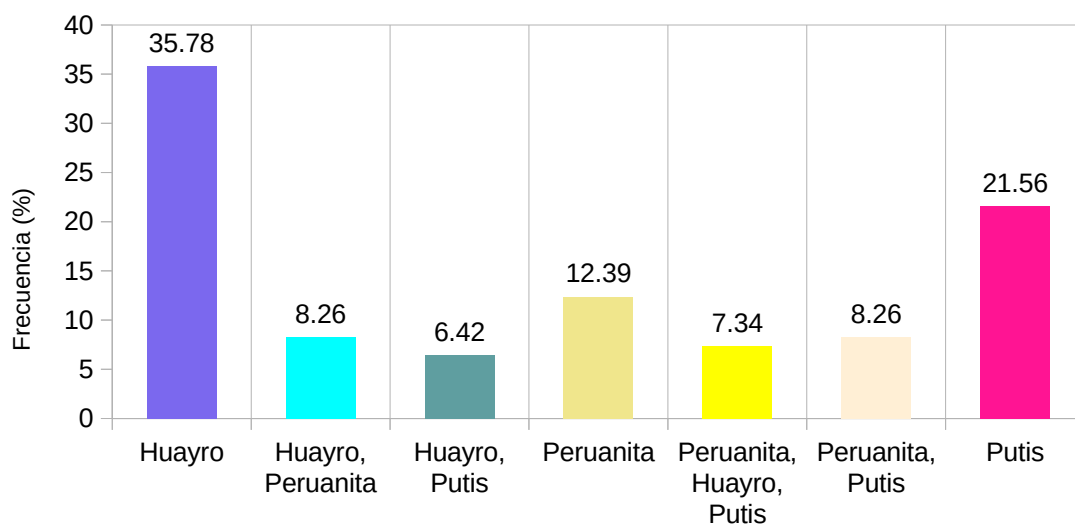
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (23)** y **Figura (22)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Qué variedades de papa siembra? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, en la que se muestra que 78 (35.78 %) integrantes de la muestra dan como respuesta Huayro, mientras 18 (8.26 %) dan como respuesta Huayro, Peruanita, luego 14 (6.43 %) respondieron Huayro, Putis, 27 (12.39 %) dijeron Peruanita, 16 (7.34 %) integrantes de la

muestra respondieron Peruanita, Huayro, Putis, 18 (8.26 %) integrantes de la muestra respondieron Peruanita, Putis, 47 (21.56 %) integrantes de la muestra respondieron Putis.

Figura 22

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué variedades de papa siembra?



Nota: Elaboración propia

P3: ¿De dónde adquiere usted la semilla de la papa?

Tabla 24

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿De dónde adquiere usted la semilla de la papa?

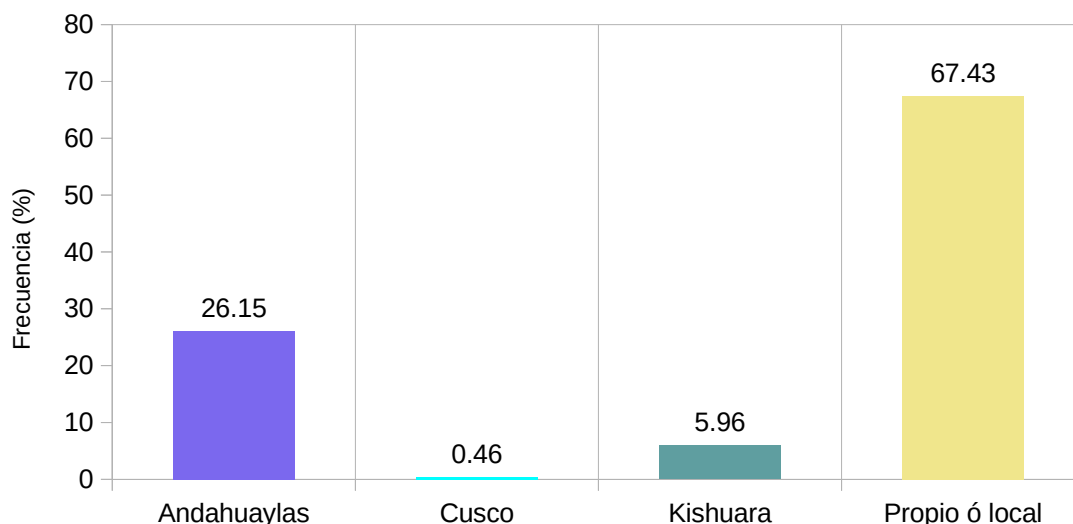
P3	fi	hi%	Hi%
Andahuaylas	57	26.15	26.15
Cusco	1	0.46	26.61
Kishuara	13	5.96	32.57
Propio ó local	147	67.43	100.00
Total Resultado	218	100.00	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (24)** y **Figura (23)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿De dónde adquiere usted la semilla de la papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 57 (26.15 %) integrantes de la muestra dan como respuesta Andahuaylas, mientras 1 (0.46 %) dan como respuesta Cusco, luego 13 (5.96 %) respondieron Kishuara, y 147 (67.43 %) dijeron semilla Propia ó local.

Figura 23

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿De dónde adquiere usted la semilla de la papa?



Nota: Elaboración propia

P4: ¿Cuál es la época de siembra de papa?

En cuanto a la interrogante ¿Cuál es la época de siembra de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, el 100% (218) respondieron en octubre de cada año.

P5: ¿Usted realiza análisis de suelo antes de la siembra de papa?

En cuanto a la interrogante ¿Usted realiza análisis de suelo antes de la siembra de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, el 100% (218) de la muestra respondieron que no realiza análisis de suelo antes de la siembra de papa.

P6: ¿Cómo realiza la preparación del terreno para la siembra de papa?

Tabla 25

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cómo realiza la preparación del terreno para la siembra de papa?

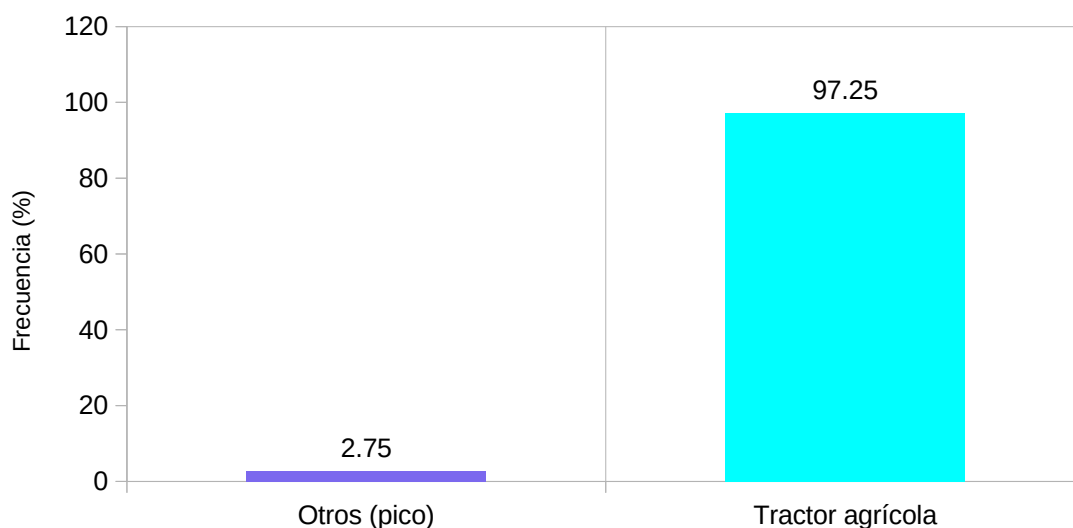
P6	fi	hi%	Hi%
Otros (pico)	6	2.75	2.75
Tractor agrícola	212	97.25	100.00
Total Resultado	218	100.00	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (25)** y **Figura (24)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Cómo realiza la preparación del terreno para la siembra de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuiza, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 6 (2.75 %) integrantes de la muestra dan como respuesta Otros (pico), mientras 212 (97.25%) dan como respuesta Tractor agrícola.

Figura 24

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cómo realiza la preparación del terreno para la siembra de papa?



Nota: Elaboración propia

P7: ¿Utiliza desinfectante de semilla?

Tabla 26

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Utiliza desinfectante de semilla?

P7	fi	hi%	Hi%
Acronis	36	16.51	16.51
Benlafar	3	1.38	17.89
Benlate	8	3.67	21.56
No utilizo	98	44.95	66.51
Vitavax	73	33.49	100.00
Total Resultado	218	100.00	

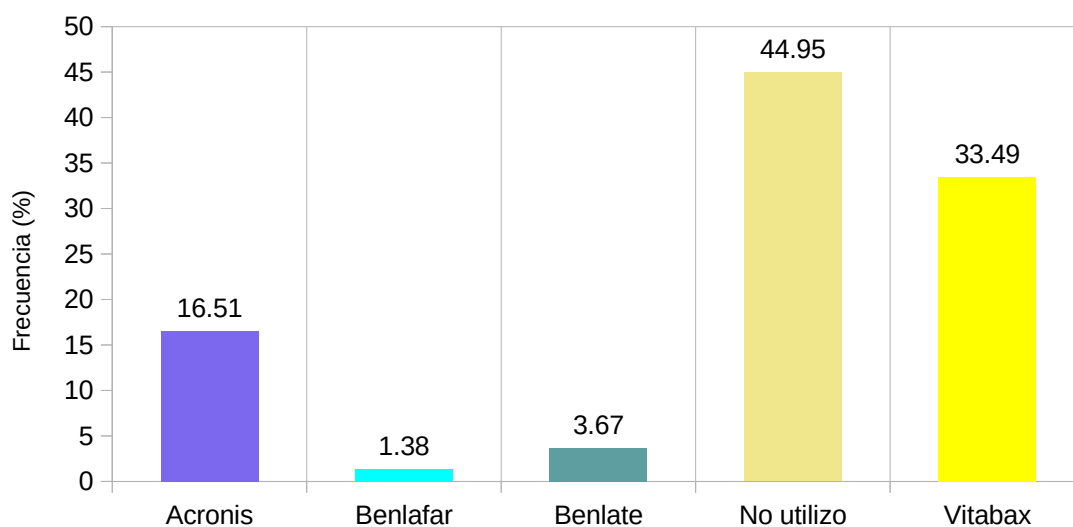
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (26)** y **Figura (25)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Utiliza desinfectante de semilla? aplicada a los

productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 36 (16.51 %) integrantes de la muestra dan como respuesta Acronis, mientras 3 (1.38 %) dan como respuesta Benlafar, luego 8 (3.67 %) respondieron Benlate, 98 (44.95 %) dijeron No utilizo, 73 (33.49 %) integrantes de la muestra respondieron Vitavax.

Figura 25

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Utiliza desinfectante de semilla?



Nota: Elaboración propia

P8: ¿Qué tipo de fertilizante o abonos orgánicos utiliza para la producción de papa?

Tabla 27

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué tipo de fertilizante o abonos orgánicos utiliza para la producción de papa?

P8	fi	hi%	Hi%
No uso	128	58.72	58.72
Orgánico (guano de corral)	19	8.72	67.43
Químico (potasio diamonico)	71	32.57	100.00
Total Resultado	218	100.00	

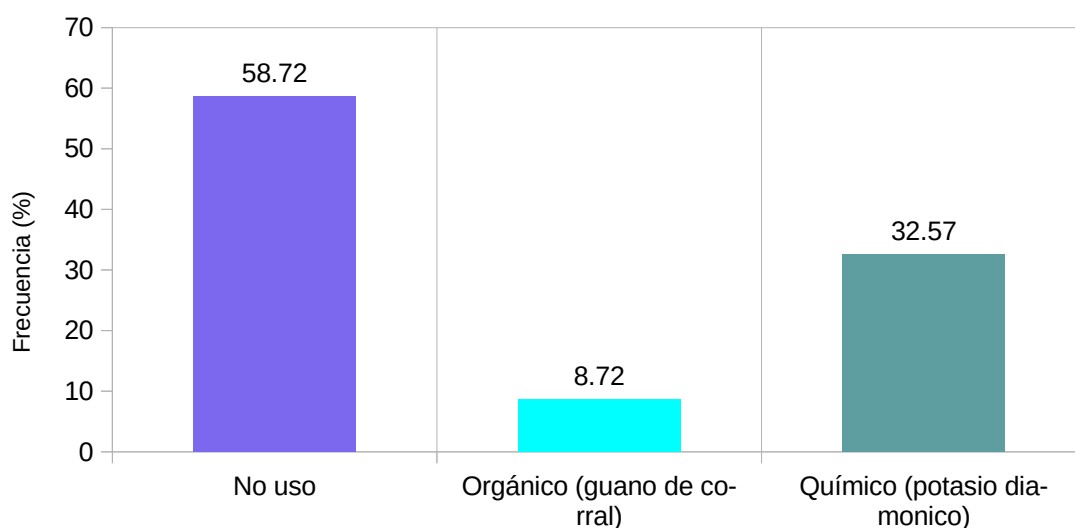
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (27)** y **Figura (26)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Qué tipo de fertilizante o abonos orgánicos utiliza para la producción de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de

Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 128 (58.72 %) integrantes de la muestra dan como respuesta No uso, mientras 19 (8.72 %) dan como respuesta Orgánico (guano de corral), luego 71 (32.57 %) respondieron Químico (potasio diamonico).

Figura 26

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué tipo de fertilizante o abonos orgánicos utiliza para la producción de papa?



Nota: Elaboración propia

P9: ¿Cómo realiza el control de malezas?

A la interrogante ¿Cómo realiza el control de malezas? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, el 100% (218) respondieron al realizar el aporque.

P10: ¿Cuáles son las plagas de mayor incidencia en el cultivo de papa?

Tabla 28

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cuáles son las plagas de mayor incidencia en el cultivo de papa?

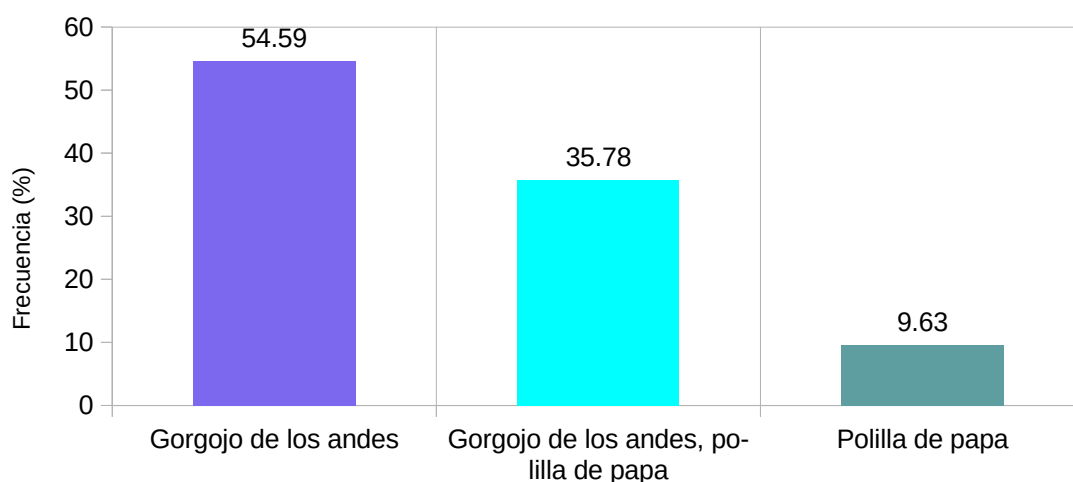
P10	fi	hi%	Hi%
Gorgojo de los andes	119	54.59	54.59
Gorgojo de los andes, polilla de papa	78	35.78	90.37
Polilla de papa	21	9.63	100.00
Total Resultado	218	100.00	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (28)** y **Figura (27)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Cuáles son las plagas de mayor incidencia en el cultivo de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 119 (54.59 %) integrantes de la muestra dan como respuesta Gorgojo de los andes, mientras 78 (35.78 %) dan como respuesta Gorgojo de los andes, polilla de papa, luego 21 (9.63 %) respondieron Polilla de papa.

Figura 27

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cuáles son las plagas de mayor incidencia en el cultivo de papa?



Nota: Elaboración propia

P11: ¿Cual es el daño ocasionada por estas plagas?

Tabla 29

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cual es el daño ocasionada pos estas plagas?

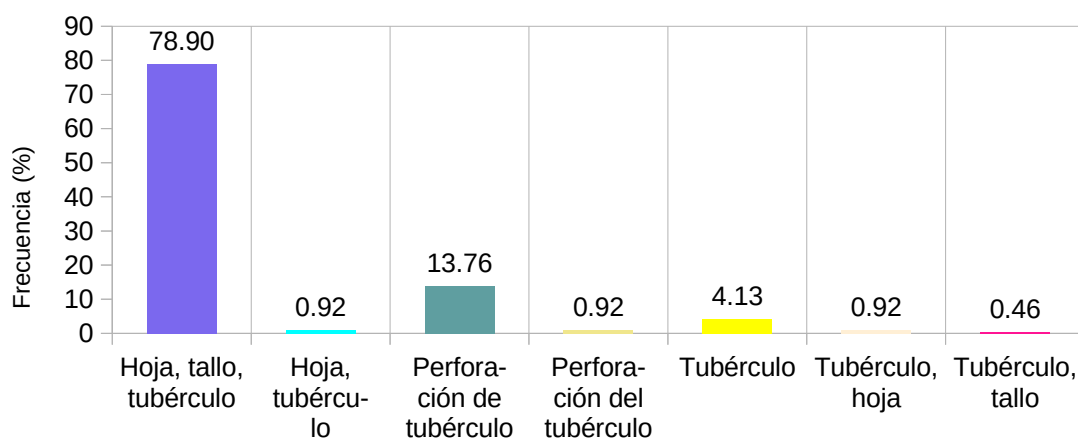
P11	fi	hi%	Hi%
Hoja, tallo, tubérculo	172	78.90	78.90
Hoja, tubérculo	2	0.92	79.82
Perforación de tubérculo	32	14.68	94.50
Tubérculo	9	4.13	98.62
Tubérculo, hoja	2	0.92	99.54
Tubérculo, tallo	1	0.46	100.00
Total Resultado	218	100.00	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla (29)** y **Figura (28)** se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Cual es el daño ocasionada por estas plagas? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 172 (78.9 %) integrantes de la muestra dan como respuesta Hoja, tallo, tubérculo, mientras 2 (0.92 %) dan como respuesta Hoja, tubérculo, luego 32 (14.68 %) respondieron Perforación de tubérculo, 9 (4.13%) integrantes de la muestra respondieron Tubérculo, 2 (0.92%) integrantes de la muestra respondieron Tubérculo, hoja, 1 (0.46%) integrantes de la muestra respondieron Tubérculo, tallo.

Figura 28

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cual es el daño ocasionada pos estas plagas?



Nota: Elaboración propia

P12: ¿Qué enfermedades se presentan en el cultivo de papa?

Tabla 30

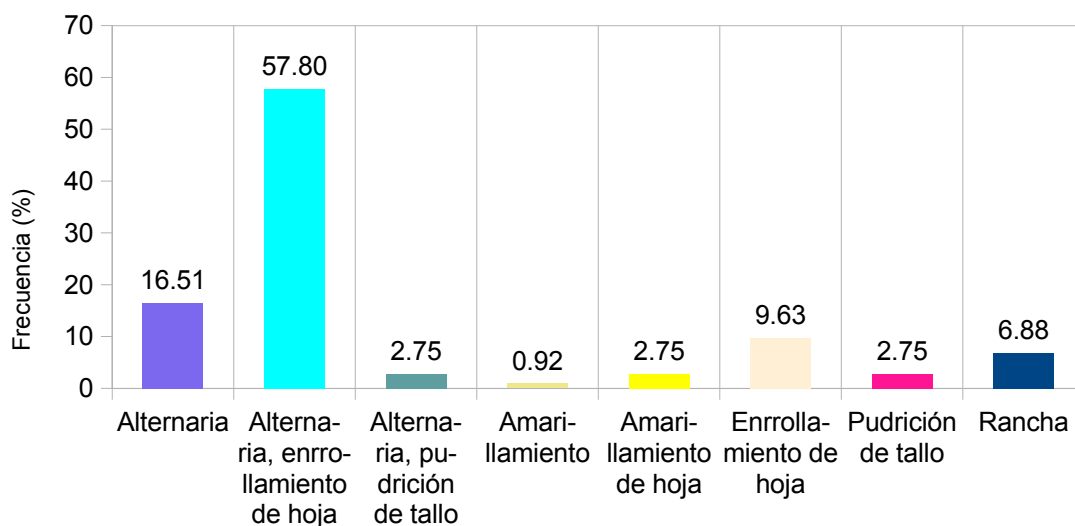
Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué enfermedades se presentan en el cultivo de papa?

P12	fi	hi%	Hi%
Alternaria	36	16.51	16.51
Alternaria, enrollamiento de hoja	126	57.80	74.31
Alternaria, pudrición de tallo	6	2.75	77.06
Amarillamiento	2	0.92	77.98
Amarillamiento de hoja	6	2.75	80.73
Enrollamiento de hoja	21	9.63	90.37
Pudrición de tallo	6	2.75	93.12
Rancho	15	6.88	100.00
Total Resultado	218	100.00	

En la **Tabla** (30) y **Figura** (29) se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Qué enfermedades se presentan en el cultivo de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 36 (16.51%) integrantes de la muestra dan como respuesta Alternaria, mientras 126 (57.8%) dan como respuesta Alternaria, enrollamiento de hoja, luego 6 (2.75%) respondieron Alternaria, pudrición de tallo, 2 (0.92%) dijeron Amarillamiento, 6 (2.75%) integrantes de la muestra respondieron Amarillamiento de hoja, 21 (9.63%) integrantes de la muestra respondieron Enrollamiento de hoja, 6 (2.75%) integrantes de la muestra respondieron Pudrición de tallo. 15 (6.89%) integrantes de la muestra respondieron Rancho.

Figura 29

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué enfermedades se presentan en el cultivo de papa?



Nota: Elaboración propia

P13: ¿Cuál es el rendimiento de papa por hectárea (Kg/ha)?

Tabla 31

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cuál es el rendimiento de papa por hectárea (Kg/ha)?

P13 (sacos)	fi	hi%	Hi%
[6649;9041]	17	7.80	7.80
(9041;11433]	55	25.23	33.03
(11433;13825]	36	16.51	49.54
(13825;16217]	23	10.55	60.09
(16217;18609]	43	19.72	79.82
(18609;21001]	44	20.18	100.00

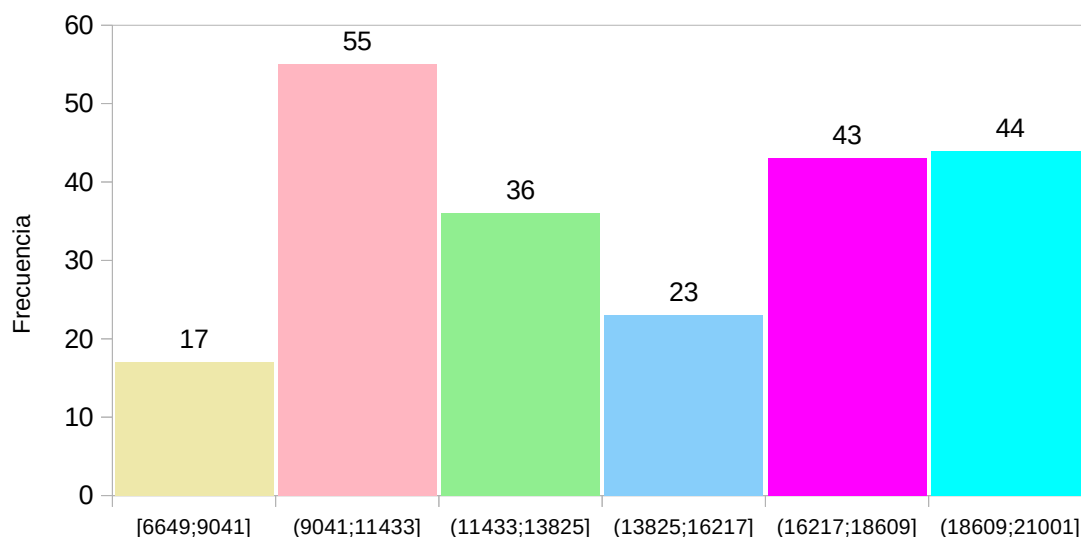
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (31) y **Figura** (30) se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Cuál es el rendimiento de papa por hectárea (Kg/ha)? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se visualiza el análisis de rendimientos de papa por hectárea en ella se revela un rango entre 6649 y 21001 Kg/ha con una media de 14243.12 kg/ha, con la mayor frecuencia de respuestas concentrada en los intervalos de (9.041; 11.433] Kg/ha (25.23%) y (18.609; 21.001] Kg/ha (20.18%). La frecuencia

acumulada muestra que el 42.74% de las respuestas tienen rendimientos menores o iguales a 11.433 Kg/ha, y el 82.92% tienen rendimientos menores o iguales a 16.217 Kg/ha.

Figura 30

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cuál es el rendimiento de papa por hectárea (Kg/ha)?



Nota: Elaboración propia

P14: ¿Cómo calificaría la calidad de los tubérculos producidos?

Tabla 32

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cómo calificaría la calidad de los tubérculos producidos?

P14	fi	hi%	Hi%
Bueno	146	66.97	66.97
Excelente	34	15.60	82.57
Regular	38	17.43	100.00
Total Resultado	218	100.00	

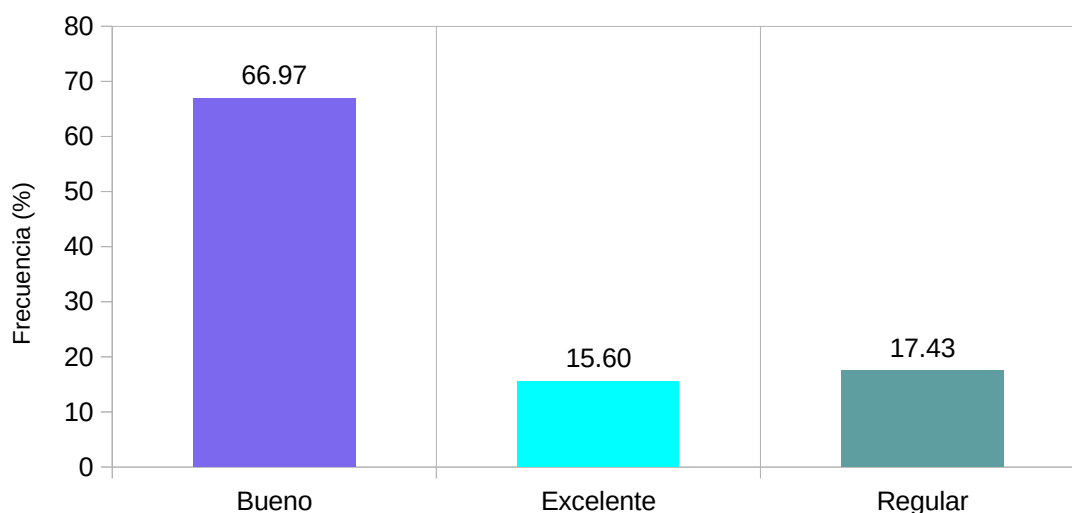
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (32) y **Figura** (31) se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Cómo calificaría la calidad de los tubérculos producidos? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 146 (66.98%)

integrantes de la muestra dan como respuesta Bueno, mientras 34 (15.6%) dan como respuesta Excelente, luego 38 (17.43%) respondieron Regular.

Figura 31

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cómo calificaría la calidad de los tubérculos producidos?



Nota: Elaboración propia

P15: ¿Qué prácticas sostenibles ha implementado en su producción de papa?

Tabla 33

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Qué prácticas sostenibles ha implementado en su producción de papa?

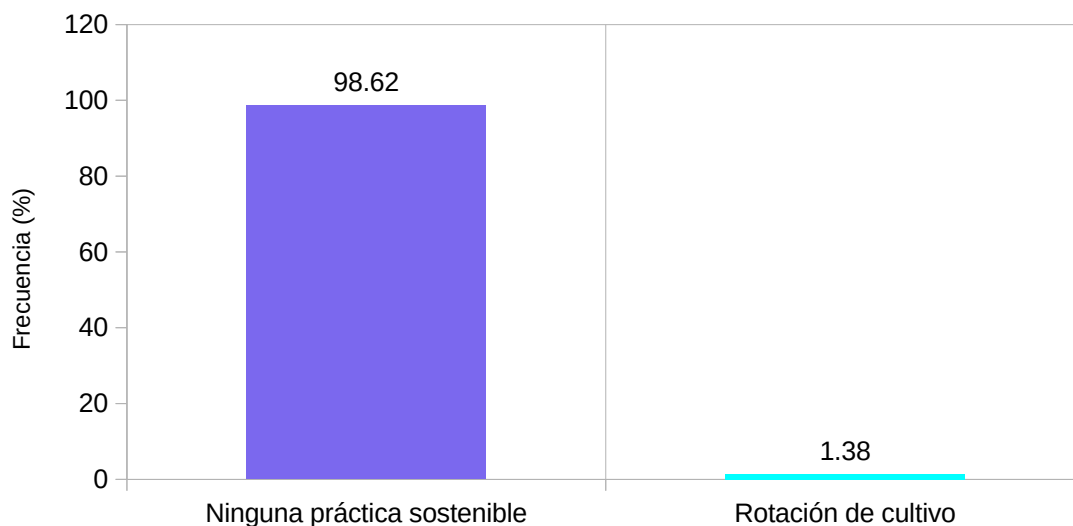
P15	fi	hi%	Hi%
Ninguna práctica sostenible	215	98.62	98.62
Rotación de cultivo	3	1.38	100.00
Total Resultado	218	100.00	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (33) y **Figura** (32) se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Qué prácticas sostenibles ha implementado en su producción de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 215 (98.62%) integrantes de la muestra dan como respuesta Ninguna práctica sostenible, mientras 3 (1.38%) dan como respuesta Rotación de cultivo.

Figura 32

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Qué prácticas sostenibles ha implementado en su producción de papa?



Nota: Elaboración propia

P16: ¿Ha recibido capacitación o asistencia técnica de alguna institución pública o privada en la producción de papa en los últimos 12 meses?

A la interrogante ¿Ha recibido capacitación o asistencia técnica de alguna institución pública o privada en la producción de papa en los últimos 12 meses? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, el 100% han respondido que no han recibido capacitación, asistencia técnica de ninguna institución.

P17: ¿Qué tipo de asistencia técnica ha recibido en la producción de papa?

En cuanto a la interrogante ¿Qué tipo de asistencia técnica ha recibido en la producción de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, el 100% respondieron ninguna.

P18: ¿Cómo realiza la cosecha de papa?

A la interrogante ¿Cómo realiza la cosecha de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de

Andahuaylas, en la que se muestra que el 100% han respondido manualmente realiza la cosecha de papa.

P19: ¿A qué mercado comercializa la producción de papa?

Tabla 34

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿A qué mercado comercializa la producción de papa?

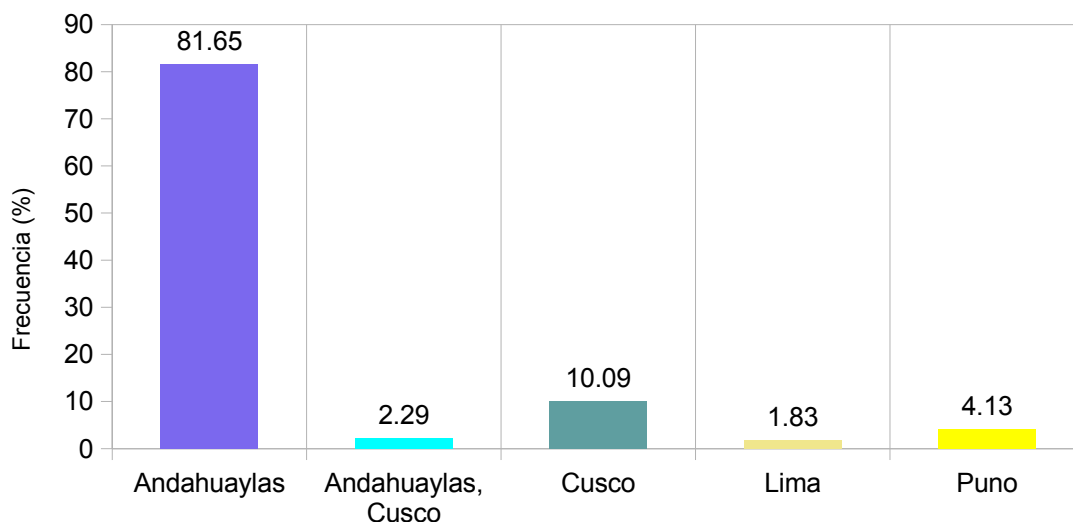
P19	fi	hi%	Hi%
Andahuaylas	178	81.65	81.65
Andahuaylas, Cusco	5	2.29	83.94
Cusco	22	10.09	94.04
Lima	4	1.83	95.87
Puno	9	4.13	100.00
Total Resultado	218	100.00	200.00

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (34) y **Figura** (33) se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿A qué mercado comercializa la producción de papa? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 178 (81.65%) integrantes de la muestra dan como respuesta Andahuaylas, mientras 5 (2.29%) dan como respuesta Andahuaylas, Cusco, luego 22 (10.09%) respondieron Cusco, 4 (1.83%) dijeron Lima, 9 (4.13%) integrantes de la muestra respondieron Puno.

Figura 33

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿A qué mercado comercializa la producción de papa?



Nota: Elaboración propia

P20: ¿Cuál el precio de venta del tubérculo?

Tabla 35

Frecuencia de respuestas a la pregunta: ¿Cuál el precio de venta del tubérculo?

P20 (S./saco)	fi	hi%	Hi%
[79.8;113.2]	17	7.8	7.8
(113.2;146.6]	75	34.4	42.2
(146.6;180]	49	22.48	64.68
(180;213.4]	26	11.93	76.61
(213.4;246.8]	40	18.35	94.95
(246.8;280.2]	11	5.05	100

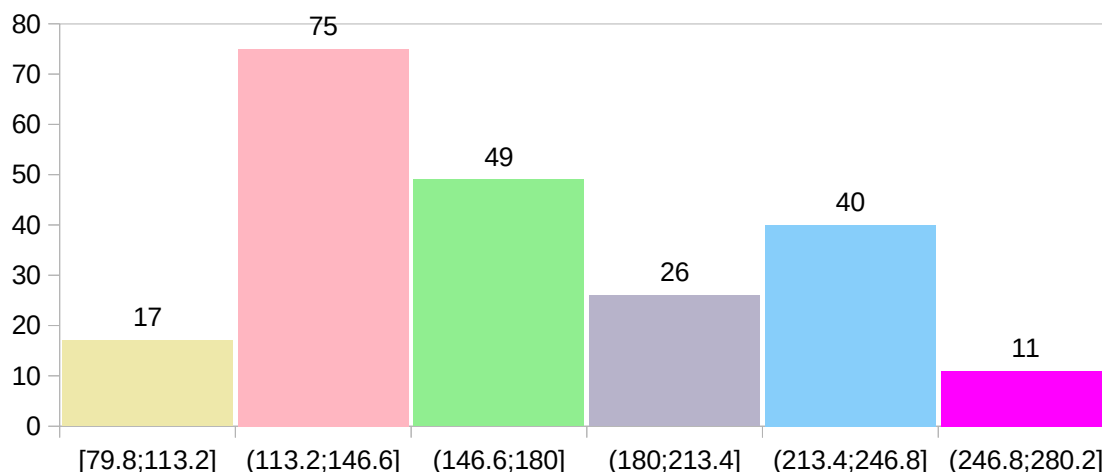
Nota: Elaboración propia

En la **Tabla** (35) y **Figura** (34) se visualiza la frecuencia de respuestas (en porcentajes) a la interrogante ¿Cuál el precio de venta del tubérculo? aplicada a los productores de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa de la provincia de Andahuaylas, en la que se muestra que 17 (7.8 %) integrantes de la muestra refieren que el precio de venta de la papa (S./saco) se encuentra en el intervalo [79.8;113.2] S./saco, mientras 75 (34.4 %) refieren entre (113.2;146.6] S./saco, luego 49 (22.48 %) entre (146.6;180] S./saco, 26 (11.93 %) en el intervalo (180;213.4] S./saco,

40 (18.35 %) entre (213.4;246.8] S/./saco, 11 (5.05 %) en el intervalo (246.8;280.2] S/./saco.

Figura 34

Porcentajes de respuestas a la pregunta: ¿Cuál el precio de venta del tubérculo?



Nota: Elaboración propia

5.2. Discusión

La investigación realizada por Altamirano Valero (2015) en Bolivia evaluó el impacto de los agroquímicos Karate y Nitrofoska en la microbiota del suelo bajo dos tipos de textura, usando macetas con cultivos de papa. Este estudio aporta datos clave sobre cómo los agroquímicos afectan tanto a los microorganismos del suelo como a diversas variables agronómicas. Se observó que las dosis y los tiempos de aplicación de estos productos tienen un efecto notable sobre las bacterias, hongos, la actividad microbiana, el pH, la conductividad eléctrica y otras características del suelo. No obstante, el presente trabajo de investigación también incluye recomendaciones específicas para mejorar la calidad del suelo en comunidades agrícolas de Bolivia, centrándose en prácticas de manejo destinadas a aumentar la saturación de bases del suelo. Estas sugerencias se basan en un análisis microbiológico realizado en distintas comunidades, subrayando la importancia de mantener un equilibrio entre bacterias y hongos para promover el cultivo de la papa.

Ambas investigaciones coinciden en destacar que la salud del suelo y la actividad microbiológica son fundamentales para optimizar el cultivo de papa. Mientras que Altamirano Valero resalta la necesidad de aplicar agroquímicos de manera prudente, este trabajo se enfoca en un manejo del suelo ajustado a las necesidades específicas de cada comunidad. Sin embargo, cabe señalar que el estudio de Altamirano Valero fue realizado en un entorno controlado con macetas, mientras que las recomendaciones de esta investigación se basan en análisis llevados a cabo en comunidades agrícolas reales. Esto subraya la importancia de combinar los resultados de estudios controlados con observaciones en condiciones de campo para obtener una visión más completa y aplicable.

Los resultados tanto de esta investigación como del estudio de Altamirano Valero aportan una valiosa perspectiva sobre la importancia de considerar múltiples factores, como la composición física y química del suelo y la actividad microbiológica, para comprender mejor las condiciones del cultivo de papa y diseñar estrategias de manejo más efectivas.

Además, este trabajo destaca la heterogeneidad de la estructura física del suelo en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, donde predomina una textura franco arenosa con variaciones en los niveles de arena, limo y arcilla. Estos datos son cruciales para entender la idoneidad del suelo para el cultivo de papa, identificando tanto sus fortalezas como sus limitaciones. Por otro lado, el análisis químico del suelo revela aspectos fundamentales como el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales como fósforo, potasio y magnesio. Estos resultados son clave para comprender la capacidad del suelo de soportar el crecimiento de cultivos como la papa.

En cuanto a la actividad microbiológica, se subraya la importancia de mantener un equilibrio adecuado entre bacterias y hongos para favorecer el cultivo de papa. Se observaron diferencias significativas en la población microbiana entre las distintas

comunidades, lo que coincide con las observaciones de Altamirano Valero sobre la relevancia de la actividad microbiológica en la productividad agrícola.

VI. Conclusiones

- El análisis de la estructura física del suelo dedicado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa revela una composición heterogénea que puede influir en su idoneidad para este cultivo. En cuanto al contenido de arena, se observa que en todas las comunidades está por encima del porcentaje ideal del 45%, lo que indica una textura más arenosa de lo óptimo. Por otro lado, el contenido de limo se encuentra cercano al nivel ideal del 40% en Chullcuisa, mientras que en Choccecancha y Cupisa está ligeramente por debajo, lo que sugiere una textura ligeramente arenosa en estas dos últimas comunidades. Respecto al contenido de arcilla, todas las comunidades presentan un déficit significativo, siendo Chullcuisa y Choccecancha las más afectadas, lo que sugiere una textura extremadamente arenosa y carente de arcilla para el cultivo de papa. Sin embargo, todas las comunidades comparten la misma clase textural, siendo todas franco arenoso, lo que ofrece un equilibrio adecuado entre drenaje, retención de agua y aireación, aspectos cruciales para el desarrollo óptimo de la papa.
- El análisis de la composición química del suelo destinado al cultivo de papa en las comunidades de Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa revela diversas características que pueden influir en su productividad. En primer lugar, se observa que el pH del suelo varía entre moderadamente ácido en Chullcuisa (5.49) y fuertemente ácido en Choccecancha (4.94) y Cupisa (4.52), lo que puede afectar el crecimiento y desarrollo de la papa. Sin embargo, en términos de conductividad eléctrica (CE), se encuentra que en las tres comunidades el suelo es muy ligeramente salino, lo que es adecuado para el cultivo de papa debido a la tolerancia moderada de este cultivo a la salinidad. Además, se destaca un alto contenido de materia orgánica (M.O.) en el suelo de las tres comunidades, lo que favorece la estructura del suelo, la retención de agua y nutrientes, y la actividad microbiológica. Respecto a los nutrientes esenciales, se identifica un alto contenido de fósforo (P) en Chullcuisa y

Cupisa, pero un nivel medio en Choccecancha, sugiriendo posibles necesidades de fertilización adicional en esta última. Por otro lado, el contenido de potasio (K) es alto en Chullcuisa pero bajo en Choccecancha y Cupisa, indicando la necesidad de suplementar este nutriente en estas dos últimas comunidades. En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), se encuentra alta en Chullcuisa y media en Choccecancha y Cupisa, lo que contribuye a la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por último, se destaca un bajo contenido de magnesio (Mg^{+2}) en todas las comunidades, lo que puede afectar negativamente la formación de clorofila y la calidad del producto.

- Al analizar la composición microbiológica del suelo dedicado al cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en la comunidad de Chullcuisa, con poblaciones de 4200 y 1000 UFC por gramo de suelo respectivamente, beneficia el cultivo de papa. Los hongos descomponen la materia orgánica, liberan nutrientes y protegen contra patógenos. En Choccecancha la población de hongos es alta (15000 UFC) y baja de bacterias (1000 UFC), puede ser perjudicial, ya que los hongos podrían competir con las plantas por nutrientes. En Cupisa, las poblaciones altas de ambos (7000 UFC).
- Las características de la producción de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en las comunidades Chullcuisa, Choccecancha y Cupisa, Andahuaylas, Apurímac más relevantes es: En cuanto a la extensión de cultivo de papa el 96% de la muestra cultivan en menos de una hectárea, la variedad de papa que cultiva en un 35.78% es Huayro seguido por Putis con 21.56%, las semillas que usan son de selección propia o local, no realizan análisis de suelo el 100% de los agricultores, el 97.25% usan tractor agrícola para la preparación de terreno, el 44.95% no desinfectan la semilla de papa, mientras que un 33.49% usan Vitavax, en cuanto a los fertilizantes el 58.72% no usa mientras que el 32.57% usa de origen químico, el 54.59% refieren que la plaga de mayor importancia es el gorgojo de los andes, el 78.90%

mencionan que el daño es ocasionado a la hoja, tallo y tuberculo, el 57.80% menciona que la enfermedad mas perjudicial es Alternaria, enrrollamiento de hoja, el 98.62% no realizan ninguna práctica sostenible, el 100% aseguran que no han recibido ninguna capacitación, el 81.65% también afirman que el mercado a donde comercializan la papa es interno (Andahuaylas) y el precio será entre 80 a 280 soles el saco de papa, en cuanto al rendimientos de papa por hectárea se revela un rango entre 6649 y 21001 Kg/ha con una media de 14243.12 kg/ha, con la mayor frecuencia de respuestas concentrada en los intervalos de (9.041; 11.433] Kg/ha (25.23%) y (18.609; 21.001] Kg/ha (20.18%).

VII. Recomendaciones

- Se recomienda realizar el encalado del suelo en la comunidad de Choccecancha y Cupisa debido a que presenta un pH fuertemente ácido, con el objetivo de elevar el pH al rango óptimo de 5.5 a 6.5 y conseguir mayor productividad en el cultivo de papa.
- Se recomienda hacer monitoreo permanente por parte de las instituciones gubernamentales responsables en el cuidado del suelo en todas las comunidades de Chullcuisa, Cupisa y Choccecancha, para identificar suelos muy ácidos y realizar las medidas correctivas pertinentes.
- Se recomienda realizar un análisis completo del suelo en Chullcuisa, Cupisa y Choccecancha, para determinar los niveles de macro y micronutrientes en el cultivo de papa, y luego ajustar la fertilización según las necesidades específicas del cultivo.
- Se recomienda llevar a cabo un monitoreo constante de las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, para detectar cualquier cambio y tomar medidas correctivas a tiempo.
- Se recomienda proporcionar capacitación a los agricultores locales sobre prácticas agrícolas sostenibles y gestión adecuada del suelo, con el objetivo de maximizar la productividad a largo plazo y garantizar la sostenibilidad del sistema agrícola en estas comunidades.

VIII. Referencias

- Altamirano Valero, H. A. (2015). *Efecto de los agroquímicos sobre la microbiota edáfica en dos tipos de textura en macetas con cultivo de papa (Solanum tuberosum), en ambiente controlado en Viacha, provincia Ingavi La Paz.*
- Castillo Zepeda, L., & Corral Salazar, M. G. (2020). *Afectaciones a las características físicas y químicas de un suelo Andosol por cultivo de papa (Solanum tuberosum) en la comunidad de Ojo de Agua, Zinacantepec.*
- GI. (2022). *Definición de edáfico - Qué es, Significado y Concepto.*
<https://definicion.de/edafico/>
- Herrera Aruquipa, E. A. (2019). *Efecto de aplicación de abonos orgánicos y químicos en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum), y su comportamiento en las propiedades físicas del suelo.*
- Herrera, E. A., Miranda, R., Motavalli, P. P., & Peñaranda, M. (2007). *Efecto de aplicación de abonos orgánicos y químicos sobre la fertilidad del suelo en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum) en el Altiplano Norte de la Paz.*
- INEI, P. (2022). *Instituto Nacional de Estadística e Informática.*
<https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-crecio-122-en-abril-del-2020-12263/>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y de riego. (2022). *Papa.*
<https://www.midagri.gob.pe/portal/23-sector-agrario/cultivos-de-importancia-nacional/183-papa>
- Moya Patiño, F. L., & Farinango Alovachi, A. A. (2020). *Evaluación de propiedades físico-químicas en suelos agrícolas mediante abonos orgánicos en cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en Santa Martha de Cuba, Carchi.*

- Muñoz, J. D., Martínez, L. J., & Giraldo, R. (2006). Variabilidad espacial de propiedades edáficas y su relación con el rendimiento en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Colombiana*, 24(2), 355–366.
- Ramírez Aparicio, J. A. (2019). *Características biométricas en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) bajo fertilización edáfica y foliar con zinc*.
- Ruta de la papa. (2022). *LA PAPA, EL TESORO OCULTO DEL PERÚ*.
<https://www.rutadelapapaperu.com.pe/resena.htm>
- Wiki. (2022). *Andahuaylas, Apurímac, Perú - Genealogía*. <https://>
- Owen-Going, T.N. (2002). Etiology and epidemiology of Pythium root rot in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in commercial-scale and small-scale hydroponic systems. M.Sc. thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario.
- Insst. (2022). *Penicillium spp.* Portal INSST. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/penicillium-spp>
- Diccionario Enciclopédico Ilustrado de Medicina Dorland. (1996). McGraw-Hill - Interamericana de España. Vol. 4. ISBN 84-7615-986-2.
- Tangarife, V. (2011) *Mucor spp.* de Universidad de Antioquia, en línea en:
<http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=100894>
- Owen-Going, T.N. (2002). Etiology and epidemiology of Pythium root rot in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in commercial-scale and small-scale hydroponic systems. M.Sc. thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario.
- Insst. (2022). *Penicillium spp.* Portal INSST. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/penicillium-spp>

Diccionario Enciclopédico Ilustrado de Medicina Dorland. (1996). McGraw-Hill - Interamericana de España. Vol. 4. ISBN 84-7615-986-2.

Tangarife, V. (2011) Mucor spp. de Universidad de Antioquia, en línea en:
[http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/mod/resource/view.php?
inpopup=true&id=100894](http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=100894)

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes