



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS

**“DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA
COMUNIDAD CAMPESINA DE OCROS ANCASH - 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Mendez Motta, Miguel Antonio

Asesor:

Dr. Barreto Rodriguez, Juan Francisco

 <https://orcid.org/0000-0003-0940-6843>

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Recursos naturales, ecología y producción

Huaraz – Perú

2026





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de tesis que suscriben, se reunieron para escuchar y evaluar la sustentación de la tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Agronomía **MIGUEL ANTONIO MENDEZ MOTTA** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias, denominada: "**DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCROS, ANCASH - 2024**", asesorada por el Ph.D. **JUAN FRANCISCO BARRETO RODRÍGUEZ**. Escuchada la sustentación y las respuestas a la preguntas y observaciones formuladas la declaramos:

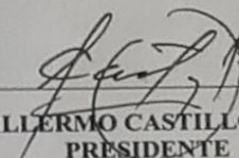
APROBADO

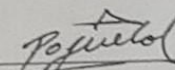
CON EL CALIFICATIVO (*)

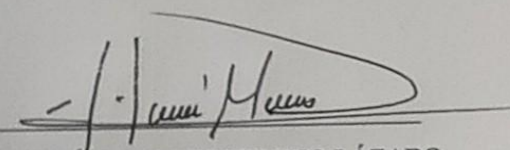
DIECISEIS (16)

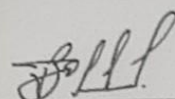
En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 07 de enero de 2026


Dr. GUILLERMO CASTILLO ROMERO
PRESIDENTE


M.Sc. CLAY EUSTERIO PAJUELO ROLDÁN
SECRETARIO


Dr. HERNÁN JORGE MORENO LÁZARO
VOCAL


Ph.D. JUAN FRANCISCO BARRETO RODRÍGUEZ
ASESOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCA YAN - 043-640020 Anexo 1802-HUARAZ-ANCASH



ACTA DE CONFORMIDAD PARA EL EMPASTADO DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador de la tesis titulado:

**DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCROS,
ANCASH - 2024**

Presentada por el Bachiller:

MIGUEL ANTONIO MENDEZ MOTTA

*Luego de levantar las observaciones, autorizan la impresión y el empastado de la mencionada tesis, en atención al Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", del 28 de mayo del 2025, consignado en su artículo 46, inciso p).

Huaraz, 7 enero, 2026


Dr. GUILLERMO CASTILLO ROMERO
Presidente
Jurado de Tesis


M.Sc. CLAY EUSTERIO PAJUELO ROLDÁN
Primer Miembro
Jurado de Tesis


Dr. HERNÁN JORGE MORENO LÁZARO
Segundo Miembro
Jurado de Tesis

C.c.: **MIGUEL ANTONIO MENDEZ MOTTA**

Arch.

*descartar si no existen observaciones



CERTIFICADO DE SIMILITUD DE TESIS

Que, según el informe de similitud con el Anexo de la R.C.U. N° 126 - 2022-UNASAM - ANEXO 1 y el Reporte de similitud, emitido por el Ph.D. JUAN FRANCISCO BARRETO RODRIGUEZ, respecto a la tesis denominada "DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE OCROS ANCASH - 2024" del autor Bach. MIGUEL ANTONIO MENDEZ MOTTA. Se certifica la originalidad del trabajo con un 15 % de similitud general, encontrándose dentro del rango aceptable de similitud.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que estime convenientes.

Huaraz, enero 12 del 2026


Dr. Guillermo Castillo Romero
Presidente de la comisión de investigación
FCA-UNASAM



ANEXO 1

INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

**DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD
CAMPESENA DE OCROS ANCASH - 2024**

Presentado por: MIGUEL ANTONIO MENDEZ MOTA

con DNI N°: 70203425

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : 15% de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input type="radio"/>
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 12/01/2026



FIRMA

Apellidos y Nombres: Barreto Rodriguez Juan Francisco

DNI N°: 31622892


Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

Tesis Miguel-Mendez-Final.docx

 My Files

 My Files

 Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::8100:545309406

Fecha de entrega

11 ene 2026, 2:34 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 ene 2026, 4:03 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis Miguel-Mendez-Final.docx

Tamaño del archivo

17.0 MB

120 páginas

20.244 palabras

107.138 caracteres

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional, su paciencia y sus sacrificios constantes, que han sido la base de cada uno de mis logros.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y guiarme con compromiso a lo largo de este proceso académico.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, PhD. Juan Francisco Barreto, por su valiosa orientación, disposición y acompañamiento académico durante el desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos, observaciones y aportes críticos fueron fundamentales para el logro de los objetivos planteados.

Asimismo, agradezco a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) por brindarme la formación académica, el respaldo institucional y los recursos necesarios para mi desarrollo profesional y la culminación de esta investigación.

I. ÍNDICE

I. ÍNDICE.....	1
II. RESUMEN.....	9
III. INTRODUCCIÓN.....	11
3.1. Objetivos.....	12
3.1.1. Objetivo general.	12
IV. MARCO TEORÍCO	13
4.1. Antecedentes.....	13
4.2. Bases teóricas.	15
4.2.1. El suelo.	15
4.2.2. Fertilidad del suelo	17
4.2.3. Principios fundamentales de la fertilidad del suelo.....	18
4.2.4. Propiedades físicas del suelo y su relación con la fertilidad	18
4.2.5. Propiedades químicas del suelo.....	21
4.2.6. Conductividad eléctrica del suelo como indicador de estado de fertilidad y sanidad	25
4.2.7. Influencia del relieve, geomorfología y unidades del paisaje en la distribución de la fertilidad del suelo en la sierra peruana.	27
4.2.8. Factores topográficos y climáticos.	27
4.2.9. Pendiente del terreno.	27
4.2.10. Indicadores de fertilidad del suelo.....	28
4.2.11. Métodos de diagnóstico de fertilidad de suelos.....	30
4.2.12. Relieve y mapa fisiográfico.....	30
4.2.13. Tipos de fertilidad del suelo.	30
4.2.14. Diagnóstico del suelo.....	31
4.2.15. Muestreo de suelo.....	31
4.2.16. Aspectos a tener en cuenta previ0 al muestreo de suelos.....	31
4.2.17. Análisis de propiedades físicas.....	32
4.2.18. Análisis de propiedades químicas.....	33
4.3. Definición de términos	34
V. MATERIALES Y MÉTODOS	35
5.1. Materiales.	35
5.1.1. Ubicación del campo de estudio.....	35

5.1.2.	Caracterización de la zona de estudio.....	35
5.2.	Metodología.....	38
5.2.1.	Tipo de investigación.....	38
5.2.2.	Diseño de investigación.....	38
5.2.3.	Población y universo.	38
5.2.4.	Unidad de análisis y muestra.	38
5.3.	Procedimiento.....	38
5.3.1.	Etapa preliminar.....	38
5.3.2.	Labores de campo.....	39
5.3.3.	Fase de laboratorio.	39
5.3.4.	Fase de gabinete.	39
5.3.5.	Recolección del número de muestras mediante la aplicación de una fórmula matemática.	39
5.3.6.	Calificación de la fertilidad de los suelos.....	42
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
6.1.	Resultados.....	45
6.1.1.	Textura de los suelos.....	46
6.1.2.	Reacción del suelo.....	50
6.1.3.	Materia orgánica de los suelos en estudio.	54
6.1.4.	Nitrógeno total de los suelos en estudio.....	57
6.1.5.	Fosforo total de los suelos en estudio.....	61
6.1.6.	Potasio total de los suelos en estudio.....	65
6.1.7.	Conductividad eléctrica de la zona en estudio.....	69
6.1.8.	Calificación de la fertilidad de los suelos.....	70
6.2.	Discusión.....	75
VII.	CONCLUSIONES.....	77
VIII.	RECOMENDACIONES	78
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
X.	ANEXOS.....	85
10.1.	Cuadros para clasificación de las muestras de suelo	85
10.2.	Fotografías del proceso de extracción de muestra.....	89
10.3.	Mapas del sector de estudio.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	20
<i>Características de las clases texturales.</i>	20
Tabla 2.....	22
<i>Características de la reacción del suelo</i>	22
Tabla 3.....	23
<i>Características de la materia orgánica.</i>	23
Tabla 4.....	24
<i>Características del nutriente nutriente nitrógeno.</i>	24
Tabla 5.....	24
<i>Características del nutriente fósforo.</i>	24
Tabla 6.....	25
<i>Características del nutriente potasio.</i>	25
Tabla 7.....	26
<i>Características de la conductividad eléctrica</i>	26
Tabla 8.....	28
<i>Grado de pendiente.</i>	28
Tabla 9.....	29
<i>Indicadores físicos de la fertilidad de los suelos.</i>	29
Tabla 10.....	29
<i>Indicadores químicos de la fertilidad de los suelos.</i>	29
Tabla 11.....	30
<i>Indicadores biológicos de la fertilidad del suelo.</i>	30
Tabla 12.....	41
<i>Distribución de las muestras representativas por estrato.</i>	41
Tabla 13.....	43
<i>Cuadro para calificar el puntaje de fertilidad</i>	43
Tabla 14.....	44
<i>Puntuación para las muestras de suelo</i>	44
Tabla 15.....	45
<i>Resultado de las muestras en estudio.</i>	45

Tabla 16.....	46
<i>Sector bajo – textura.</i>	46
Tabla 17.....	47
<i>Sector medio – textura.</i>	47
Tabla 18.....	48
<i>Sector alto - textura</i>	48
Tabla 19.....	50
<i>pH de la zona baja.</i>	50
Tabla 20.....	51
<i>pH de la zona media.</i>	51
Tabla 21.....	52
<i>pH de la zona alta.</i>	52
Tabla 22.....	54
<i>Análisis del porcentaje de materia orgánica en la zona baja,</i>	54
Tabla 23.....	55
<i>Análisis del porcentaje de materia orgánica en la zona media.</i>	55
Tabla 24.....	56
<i>Análisis del porcentaje de materia orgánica en la zona alta.</i>	56
Tabla 25.....	57
<i>Análisis del porcentaje de nitrógeno total en la zona baja.</i>	57
Tabla 26.....	58
<i>Análisis del porcentaje de nitrógeno en la zona media.</i>	58
Tabla 27.....	60
<i>Análisis del porcentaje de nitrógeno en la zona alta.</i>	60
Tabla 28.....	61
<i>Análisis del nutriente fosforo del sector bajo.</i>	61
Tabla 29.....	62
<i>Análisis del nutriente fosforo en la zona media.</i>	62
Tabla 30.....	64
<i>Nivel de fosforo en la zona alta.</i>	64
Tabla 31.....	65
<i>Análisis del potasio de la zona baja</i>	65

Tabla 32.....	66
<i>Análisis del potasio en la zona media.....</i>	<i>66</i>
Tabla 33.....	67
<i>Niveles de potasio en la zona alta.....</i>	<i>67</i>
Tabla 34.....	69
<i>Análisis de la conductividad eléctrica de los suelos en estudio.....</i>	<i>69</i>
Tabla 35.....	72
<i>Clasificación para la puntuación de variables edafológicas, IGAC (1995).</i>	<i>72</i>
Tabla 36.....	73
<i>Niveles de fertilidad y rango de puntajes.</i>	<i>73</i>
Tabla 37.....	74
<i>Calificación del nivel de fertilidad de los suelos en estudio</i>	<i>74</i>
Tabla 38.....	85
<i>Datos del análisis de laboratorio.....</i>	<i>85</i>
Tabla 39.....	86
<i>Rangos para la clasificación textural de los suelos.....</i>	<i>86</i>
Tabla 40.....	87
<i>Rangos para evaluar el pH de los suelos</i>	<i>87</i>
Tabla 41.....	87
<i>Rangos para determinar el nivel de MO en los suelos.....</i>	<i>87</i>
Tabla 42.....	87
<i>Clasificación del nivel de nitrógeno en los suelos</i>	<i>87</i>
Tabla 43.....	88
<i>Calificación del potasio en los suelos</i>	<i>88</i>
Tabla 44.....	88
<i>Nivel de salinidad en los suelos</i>	<i>88</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	16
<i>Composición del suelo.</i>	16
Figura 2	17
<i>Interacción de las propiedades físicas químicas y biológicas.</i>	17
Figura 3	19
<i>Tamaño de las partículas del suelo (arcilla, arena, limo).</i>	19
Figura 4	22
<i>Disponibilidad de nutrientes según el pH de los suelos.</i>	22
Figura 5	26
<i>Conductividad eléctrica de los suelos.</i>	26
Figura 6	33
<i>Diagrama de las clases texturales de los suelos</i>	33
Figura 7	47
<i>Clases textural, zona baja</i>	47
Figura 8	48
<i>Clase textural – zona media.</i>	48
Figura 9	49
<i>Clase textural - zona alta</i>	49
Figura 10	51
<i>pH de la zona baja.</i>	51
Figura 11	52
<i>pH de la zona media.</i>	52
Figura 12	53
<i>pH de la zona alta.</i>	53
Figura 13	55
<i>Nivel de materia orgánica de la zona baja de los suelos.</i>	55
Figura 14	56
<i>Nivel de materia orgánica de la zona media de los suelos.</i>	56
Figura 15	57
<i>Nivel de Materia orgánica de la zona alta.</i>	57

Figura 16	58
<i>Porcentaje del contenido de nitrógeno en la zona baja.....</i>	<i>58</i>
Figura 17	60
<i>Porcentaje del nitrógeno total en la zona media.....</i>	<i>60</i>
Figura 18	61
<i>Porcentaje de nitrógeno en la zona alta.....</i>	<i>61</i>
Figura 19	62
<i>Nivel de fosforo en los suelos de la zona baja.....</i>	<i>62</i>
Figura 20	63
<i>Nivel de fosforo en la zona media.....</i>	<i>63</i>
Figura 21	65
<i>Nivel de fosforo en la zona alta.....</i>	<i>65</i>
Figura 22	66
<i>Porcentaje del nivel de potasio en la zona baja.....</i>	<i>66</i>
Figura 23	67
<i>Porcentaje del nivel potasio en la zona media.....</i>	<i>67</i>
Figura 24	68
<i>Análisis del potasio en la zona alta.....</i>	<i>68</i>
Figura 25	70
<i>Nivel de salinidad en los suelos.....</i>	<i>70</i>
Figura 26	89
<i>Herramientas para la recolección de muestras de suelo.....</i>	<i>89</i>
Figura 27	89
<i>Limpieza de la superficie para la toma de muestras.....</i>	<i>89</i>
Figura 28	90
<i>Medida de la profundidad para la toma de muestras (20cm).....</i>	<i>90</i>
Figura 29	90
<i>Recolección de las muestras de suelo.....</i>	<i>90</i>
Figura 30	91
<i>Envasado y etiquetado de las muestras.....</i>	<i>91</i>
Figura 31	91
<i>Vista panorámica de las tierras comunales.....</i>	<i>91</i>

Figura 32	92
<i>Ubicación geográfica de la investigación</i>	92
Figura 33	93
<i>Área del estudio</i>	93
Figura 34	94
<i>Puntos de muestreo</i>	94
Figura 35	95
<i>Clase textural del área en estudio</i>	95
Figura 36	96
<i>Nivel de pH del área en estudio</i>	96
Figura 36	97
<i>Nivel de materia orgánica del área en estudio</i>	97
Figura 37	98
<i>Nivel de nitrógeno en el área de estudio</i>	98
Figura 38	99
<i>Nivel de fosforo en el área de estudio</i>	99
Figura 39	100
<i>Nivel del potasio en el área de estudio</i>	100
Figura 40	101
<i>Conductividad eléctrica en el área de estudio</i>	101
Figura 41	102
<i>Nivel de fertilidad del área en estudio</i>	102
Figura 42	103
<i>Resultados del análisis de fertilidad del laboratorio</i>	103

II. RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en la Comunidad Campesina de Ocros, ubicada en el distrito y provincia del mismo nombre, con el objetivo de evaluar la fertilidad de los suelos agrícolas mediante la metodología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y su interpretación agronómica complementaria basada en la escala de Barrantes (1992). El área de estudio abarcó aproximadamente 80 hectáreas de tierras agrícolas con pendientes menores al 35 %, estratificadas en tres sectores altitudinales: zona baja, media y alta, donde se recolectaron 26 muestras compuestas de suelo, analizadas en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNASAM, considerando propiedades físico-químicas. Los resultados evidenciaron que los suelos presentan, en general, una fertilidad moderada, con variaciones entre sectores; la zona baja mostró suelos francos con pH moderadamente ácido a neutro, contenido medio de materia orgánica, fósforo alto y deficiencia de nitrógeno; la zona media presentó suelos francos a franco arenosos con pH moderadamente ácido, bajos contenidos de nitrógeno y potasio y fósforo alto; mientras que la zona alta estuvo dominada por suelos franco arenosos con fósforo de nivel medio a alto, potasio bajo y nitrógeno medio. La conductividad eléctrica se mantuvo dentro de rangos no salinos en toda el área de estudio, descartando problemas de salinidad. En conjunto, los resultados indican la necesidad de implementar estrategias de manejo agronómico diferenciadas para mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas de la comunidad.

Palabras clave: fertilidad agrícola, Suelos, Comunidad Campesina.

ABSTRACT

The present study was conducted in the Ocros Peasant Community, located in the district and province of the same name, with the objective of evaluating the fertility of agricultural soils using the methodology proposed by the Agustín Codazzi Geographic Institute (IGAC) and its complementary agronomic interpretation based on the Barrantes scale (1992). The study area covered approximately 80 hectares of agricultural land with slopes below 35%, stratified into three altitudinal zones: lower, middle, and upper. A total of 26 composite soil samples were collected and analyzed at the Soils and Water Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of UNASAM, considering physicochemical properties. The results indicated that soils generally exhibit moderate fertility, with variations among altitudinal zones. The lower zone was characterized by loamy soils with moderately acidic to neutral pH, medium organic matter content, high available phosphorus, and nitrogen deficiency. The middle zone presented loamy to sandy loam soils with moderately acidic pH, low nitrogen and potassium contents, and high phosphorus levels. In contrast, the upper zone was dominated by sandy loam soils with medium to high phosphorus levels, low potassium, and medium nitrogen content. Electrical conductivity values remained within the non-saline range throughout the study area, ruling out salinity-related constraints. Overall, the findings highlight the need to implement site-specific agronomic management strategies to enhance agricultural productivity and sustainability in the community.

Keywords: soil fertility, soil evaluation, agronomic management, peasant community.

III. INTRODUCCIÓN

La fertilidad del suelo es un factor determinante para la producción agrícola, la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades rurales. En la Comunidad Campesina de Ocros, los suelos destinados al cultivo presentan variabilidad en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que influye directamente en su capacidad productiva. Sin embargo, existe información limitada sobre el estado real de su fertilidad, lo que dificulta la implementación de estrategias de manejo agrícola sostenibles y eficientes.

El diagnóstico de la fertilidad del suelo permite evaluar características clave, como la textura, el pH, la disponibilidad de nutrientes esenciales y la materia orgánica, que en conjunto determinan la productividad y la sostenibilidad del sistema agrícola. Este conocimiento constituye una herramienta valiosa para planificar prácticas de manejo agrícola, optimizar el uso de fertilizantes y conservar los recursos naturales.

El presente estudio, de tipo aplicada y con enfoque cualitativo, se centra en un área representativa de 80 hectáreas de la comunidad, seleccionada por su importancia productiva. Su objetivo principal es determinar el nivel de fertilidad de los suelos, proporcionando información que sirva de base para estrategias de manejo sostenibles. De esta manera, se busca fortalecer la capacidad de los comuneros para mantener la productividad a largo plazo y promover el uso eficiente de los recursos naturales en la región.

3.1. Objetivos.

3.1.1. *Objetivo general.*

Determinar el nivel de fertilidad de los suelos de la comunidad campesina de Ocros.

3.1.2. *Objetivos específicos*

- Realizar el muestreo de suelos a tres niveles de altura (parte baja, media y alta).
- Realizar el análisis físico químico de las muestras de suelo.
- Interpretar los resultados y realizar el mapeo del área.

IV. MARCO TEORÍCO

4.1. Antecedentes.

Diversos estudios previos sobre la fertilidad de los suelos en comunidades altoandinas resaltan la importancia del diagnóstico físico-químico para la mejora de la productividad agrícola:

Sifuentes (2023) realizó un trabajo de investigación en la comunidad campesina de Yauyos, Lima, con el objetivo de diagnosticar la fertilidad de los suelos agrícolas. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo y con un diseño no experimental transversal. Se buscó solucionar los problemas de fertilidad mediante el análisis de las características físicas y químicas de las muestras de suelo recolectadas en los distintos sectores.

Se concluye que, en el sector bajo, los suelos presentan textura franco-arcillosa, un pH ligeramente alcalino (4.18 a 7.75), materia orgánica de nivel medio (2 a 4 %) y fósforo (P) de nivel alto (>14 ppm). En el sector medio, los suelos tienen texturas francas, pH moderadamente ácido (5.58 a 6.28), materia orgánica baja (<2 %) y fósforo alto. En el sector alto predominan suelos franco-arenosos arcillosos, con pH moderadamente ácido, materia orgánica baja y fósforo medio (7 a 14 ppm).

En los tres sectores, el potasio (K) se encuentra en niveles bajos (<100 ppm), el nitrógeno total (Nt) en nivel medio (0.096 a 0.126 %) y la conductividad eléctrica (CE) es baja (<0.2 ds/m), lo que indica ausencia de salinidad. Los iones solubles presentes son cloruro (Cl^-) y sulfato (SO_4^{2-}), mientras que los carbonatos (CO_3^{2-}) son casi nulos.

Ardiles (2019), realizó un trabajo de investigación en la Comunidad Campesina de Pampacancha Provincia de Recuay-Ancash, tuvo como objetivo evaluar la fertilidad físico química de los suelos de la Comunidad Campesina de Pampacancha de la Provincia de Recuay-Ancash.

El método empleado es la evaluación de la fertilidad físico-químico de los suelos con aptitud agrícola, para lo cual se extrajeron 13 muestras compuestas representativas de diferentes sectores, que se han clasificado por su altitud (alta, media y baja). Todas las muestras corresponden a la parte superficial del terreno (0-20 cm de profundidad), y el procedimiento experimental empleado fue el análisis de caracterización, que determinan el

índice de disponibilidad de los elementos nutritivos en los suelos, con la finalidad de optimizar su abonamiento con fines agrícolas y garantizar la producción sostenible. en el área estudio se encontraron cinco clases texturales, encontrándose en su mayoría las clases: franco arcillo arenoso (46%) y franco arenoso (31%), seguidos por las clases texturales: franco (8%), franco arcilloso (8%) y arcillo arenoso (7%). El pH del suelo, en la mayoría presentan suelos con pH ácido (entre 4.19 y 5.57), respecto al contenido de materia orgánica se encontró que en general son suelos pobres (69%) a moderadamente ricos (31%), siendo en la altitud baja y media suelos pobres en materia orgánica, y en la zona alta suelos moderadamente ricos en materia orgánica, además se encontró que todos los suelos en promedio son pobres en fósforo y potasio, no tienen problemas de salinidad registrando valores de C.E. muy bajos.

Albino (2024), realizó una investigación con el objetivo determinar el estado actual de la fertilidad de los suelos del sector Lucma de la comunidad campesina Tupac Yupanqui-en Taricá - Huaraz- Ancash. Con el enfoque de dar solución a un problema existente en el sector de estudio, de acuerdo con los resultados obtenidos hacer las recomendaciones respectivas a los productores sobre la importancia que tiene un estudio de suelo, para una buena fertilización en los suelos con fines agrícolas. De acuerdo con los resultados obtenidos, graficados y comparados con rangos ya establecidos se puede afirmar que el suelo es se encuentra en un nivel medio de fertilidad de suelo. Estos se debieron a algunos parámetros estudiados como pH que es acida, M.O %, Nt, F y P. en un nivel medio, C.E. de nivel normal y textura del suelo que predomina franco arenoso. Al conocer la fertilidad del suelo se puede hacer una fertilización adecuada y la incorporación de materia orgánica con enmiendas para regular las carencias de estos suelos.

Gómez (2018), realizó una investigación con la finalidad de diagnosticar el nivel de fertilidad de los suelo y determinar el estado actual de los suelos de la comunidad campesina Tres de Octubre – Zanja, distrito de Yungar – Carhuaz – Ancash, para ello se consideró el análisis del suelo, se realizó la zonificación de los campos de cultivo, considerando un área de estudio total de 109.63 Ha que son campos de cultivo bajo riego, se tomó un total de 20 muestras a una profundidad de 20 cm, localizados entre la altitud de 2900 a 3200 m.s.n.m. aproximadamente, la muestra está representada por 1 kg de suelo homogenizado.

Se aplicó la “Guía para calificar la fertilidad de los suelos” y “Puntajes para calificar el nivel de la fertilidad en los suelos” adoptadas por el Instituto Geográfico “Agustín

Codazzi” de Colombia (1975) que, en coordinación con los jurados y el asesor, fue adaptada de acuerdo a las variables edafológicas obtenidas del análisis de caracterización, con el cual se procedió a realizar el diagnóstico de la fertilidad del suelo, donde la puntuación de la fertilidad fue estimada con valores cuantitativos mediante el uso con la intervención de las variables edafológicas: pH, CIC, Saturación de bases, saturación de ácidos, bases totales, materia orgánica, fósforo disponible y potasio disponible. Con la finalidad de obtener un puntaje y luego ser calificado el nivel de fertilidad del suelo, donde se estiman en base a los rangos de la puntuación, teniendo como resultado que las 20 muestras de suelos poseen una fertilidad alta.

4.2. Bases teóricas.

4.2.1. El suelo.

El suelo es un cuerpo natural, dinámico y estructurado que resulta de la interacción de factores activos como el clima, organismos vivos, relieve y tiempo sobre un material parental o roca madre (López 2005).

La formación del suelo implica un proceso de meteorización, en el cual la roca original sufre transformaciones físicas, químicas y biológicas, dando lugar a partículas de arena, limo y arcilla, así como a la acumulación de materia orgánica. Esta combinación de fracciones sólidas, líquidas y gaseosas determina la estructura y fertilidad del suelo (Pereira 2011).

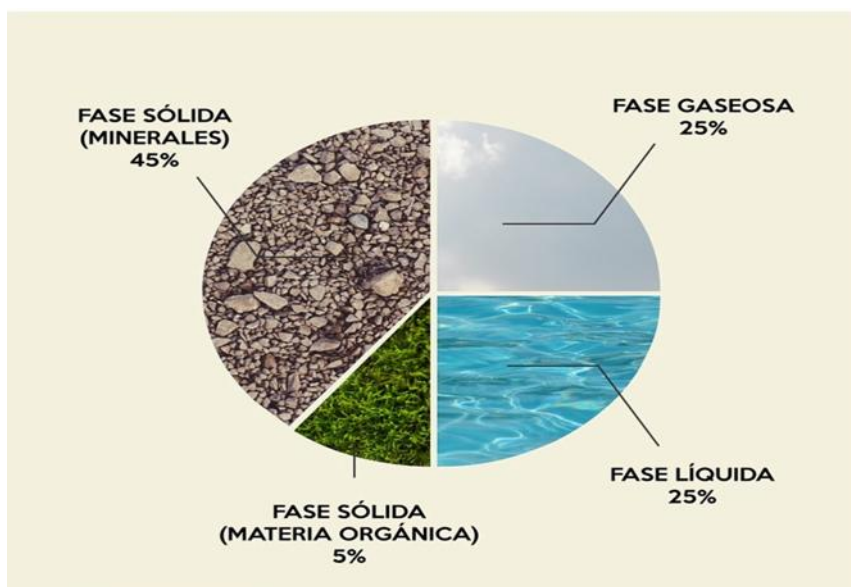
4.2.1.1. Composición del suelo.

Barreto (2001) menciona que, cada partícula del suelo o material parental constituye un separado o unidad elemental mecánica (UEM). El conjunto de partículas similares por su tamaño conforma una fracción y el conjunto de todas las fracciones conforman la textura del suelo o composición granulométrica. Por tanto, la textura se puede definir como la proporción de porcentaje de arena, limo y arcilla.

De acuerdo con Pereira (2011) el suelo está compuesto por una fase sólida (aproximadamente 50%), formada por minerales (arena, limo, arcilla) y materia orgánica. El 25% corresponde al espacio poroso ocupado por agua, y el otro 25% por aire. Esta composición permite el desarrollo vegetal, la retención de nutrientes y la circulación de gases y líquidos esenciales.

Figura 1

Composición del suelo.



Nota: Euka agro. 2021.

Jordán (2005) menciona que, los minerales constituyen la base del almacén sólido que soporta al suelo. Cuantitativamente en un suelo normal la fracción mineral representa de un 45-49% del volumen del suelo. Pero dentro de la fase sólida constituyen, para un suelo representativo, del orden del 90-99% (el 10-1% restante corresponde a la materia orgánica). La fase sólida representa la fase más estable del suelo y por tanto es la más representativa y la más ampliamente estudiada. Es una fase muy heterogénea, formada por constituyentes inorgánicos y orgánicos.

Además, Jordán (2005) continúa indicando que, como promedio un suelo cultivado contiene, aproximadamente un 45% de materia mineral, un 5% de materia orgánica, un 15-35% de agua y el resto, de aire.

4.2.1.2. Importancia del suelo.

Azabache (2003) comenta que, la importancia del suelo tiene que ver con la superficie donde el ser humano puede cultivar y crecer sus alimentos básicos. Al mismo tiempo, es en el suelo donde naturalmente crecen las plantas y vegetales consumidas por los eslabones secundarios de la cadena o los animales herbívoros. Para que los vegetales crezcan es importante que el suelo cuente con riego frecuente (tanto natural como artificial).

Azabache (2003) indica que el suelo no solo es importante para el ser humano en lo que respecta a la producción alimenticia, sino que también tiene que ver con la posibilidad

de establecer viviendas o construcciones más complejas. El suelo debe contar con una base sólida, segura y firme para lograrlo.

4.2.2. Fertilidad del suelo

Definición y alcance.

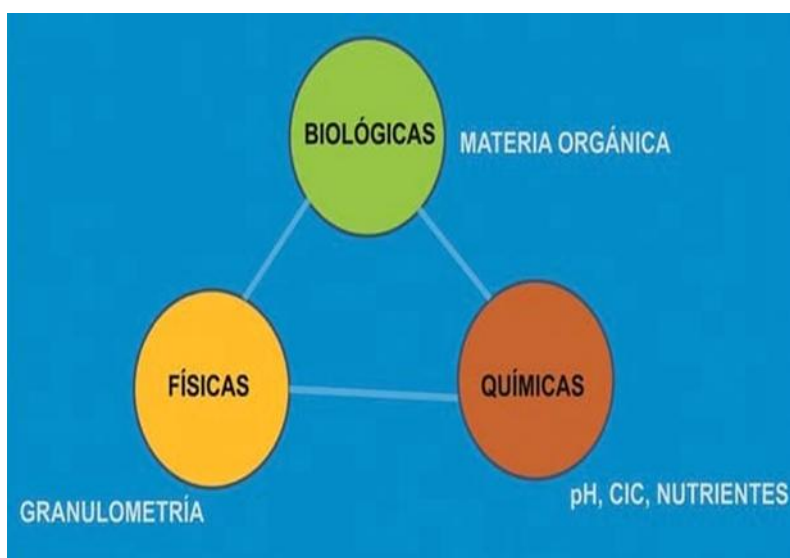
La fertilidad del suelo se entiende como la capacidad del suelo para proporcionar a las plantas los nutrientes en cantidad, forma y momentos adecuados, para permitir un crecimiento óptimo sin degradar el recurso edáfico. En el contexto andino-peruano, esta capacidad adquiere especial relevancia debido a las condiciones topográficas, altitudinales y de pendiente que condicionan los procesos de edafogénesis, la retención de agua, la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes (Sánchez 2021)..

La fertilidad del suelo se define como la capacidad del suelo para suministrar a las plantas los nutrientes esenciales en cantidad y proporción adecuadas, permitiendo un crecimiento vegetal sostenido (Kome et al. 2019).

Sánchez (2019) sostiene que, la fertilidad es una propiedad dinámica del suelo resultante de la interacción entre sus componentes físicos, químicos y biológicos, y se manifiesta en su capacidad para sostener la productividad agrícola sin degradar sus propiedades.

Figura 2

Interacción de las propiedades físicas químicas y biológicas.



Nota: Extraído de Engormix 2017.

En el contexto andino, la fertilidad depende de factores como el relieve, el material parental y las prácticas agrícolas tradicionales (Midagri 2022).

4.2.3. Principios fundamentales de la fertilidad del suelo.

De acuerdo con Sánchez (2019) la fertilidad del suelo está regida por tres principios: la ley del mínimo, la sincronía y el ciclo de nutrientes.

La ley del mínimo, formulada por Liebig, establece que el crecimiento vegetal está limitado por el nutriente esencial presente en menor cantidad. La sincronía se refiere a la coincidencia entre la disponibilidad de nutrientes y la demanda del cultivo. Finalmente, el ciclo de nutrientes comprende la entrada, transformación y retorno de los nutrientes dentro del sistema suelo-planta (Kome et al. 2019).

Factores que afectan la fertilidad del suelo.

La fertilidad del suelo es la capacidad de un suelo para suministrar los nutrientes esenciales y el agua necesaria para el crecimiento saludable de las plantas. Esta propiedad depende de la interacción de varios factores, entre ellos las propiedades físicas, como la textura y estructura del suelo, que determinan la retención de agua y aireación; las propiedades químicas, que incluyen el pH, la materia orgánica y la disponibilidad de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio; las propiedades biológicas, relacionadas con la actividad microbiana y la descomposición de materia orgánica; y los factores topográficos, que influyen en la erosión, drenaje y microclima del suelo (Hartati et al. 2023).

4.2.4. Propiedades físicas del suelo y su relación con la fertilidad

Las propiedades físicas determinan la estructura del suelo y su capacidad para retener agua, aire y nutrientes.

- Clase textural.

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla. Es un indicador fundamental de la capacidad de retención de agua y nutrientes (Sánchez 2019).

Los suelos de textura franca o franco-limoso presentan mayor fertilidad potencial que los suelos arenosos, los cuales poseen baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), (Kome et al. 2023). López (2010) indica que la textura del suelo hace referencia a la composición granulométrica de la fracción inorgánica del suelo.”

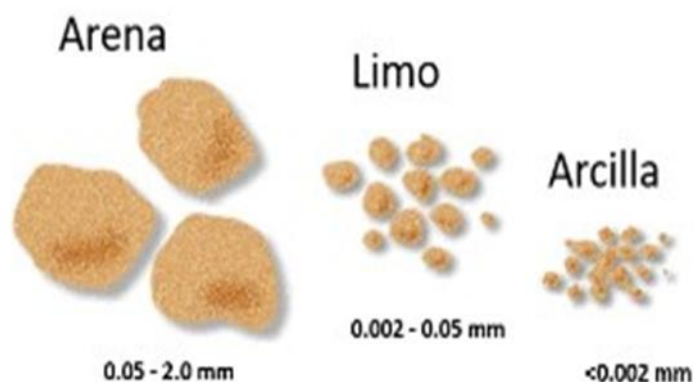
El autor clasifica las fracciones texturales según el tamaño de partículas:

- Arena: 2.0 – 0.05 mm
- Limo: 0.05 – 0.002 mm
- Arcilla: < 0.002 mm

Estas fracciones determinan la proporción de partículas en el suelo y, por tanto, su capacidad de retención de agua, aireación y fertilidad.

Figura 3

Tamaño de las partículas del suelo (arcilla, arena, limo).



Nota: Extraído de Gesmonote, 2020.

- **Estructura y profundidad efectiva.**

Una estructura granular y una profundidad adecuada favorecen la aireación, el desarrollo radicular y la infiltración. Por el contrario, suelos compactados o someros limitan la absorción de agua y nutrientes (Hartati et al. 2023).

Por ejemplo, suelos con fracción arcillosa mayor tienden a presentar mayor capacidad de intercambio catiónico (CEC) y retención de nutrientes, mientras que suelos predominantemente arenosos tienen mayor lixiviación y menor retención hídrica. En un estudio realizado en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas (Áncash), se identificó una textura franca-arcillosa en el sector bajo, con densidad aparente menor, lo que favorece la retención de humedad, mientras que en el sector medio los suelos eran más francos, con porosidad menor y menor materia orgánica (Maguiña 2023).

Por tanto, para la comunidad campesina de Ocos resulta esencial identificar la clase textural (por ejemplo, arena, limo, arcilla) para interpretar correctamente la fertilidad del

suelo en función de la capacidad de retención de agua, nutrientes y la susceptibilidad a la erosión.

Tabla 1

Características de las clases texturales.

Clase textural.	Características.	Fertilidad.
Arenoso / Limoso.	Drena rápido, baja retención de nutrientes.	Bajo.
Franco arenoso / Franco limoso.	Balance entre retención de agua y aireación.	Medio.
Arcilloso / Franco arcilloso.	Retención alta de agua y nutrientes.	Alto.

Nota: Extraído de Roy, 2006.

- **Densidad aparente.**

La densidad aparente del suelo se define como la masa de partículas sólidas por unidad de volumen total, incluyendo los poros. Este parámetro indica el grado de compactación del suelo, afectando la penetración de raíces, el movimiento de agua y la disponibilidad de aire para la actividad biológica (Brady & Weil 2017).

- **Densidad real.**

La densidad real corresponde a la densidad de las partículas sólidas del suelo sin considerar los espacios porosos. Es relativamente constante en suelos minerales, y generalmente se encuentra entre 2.60 y 2.75 g/cm³. Su conocimiento es esencial para calcular la porosidad y evaluar el estado físico del suelo (Hillel et.al. 2008).

- **Porosidad.**

La porosidad del suelo representa el porcentaje del volumen total ocupado por espacios vacíos o poros, que pueden contener aire o agua. La porosidad determina la capacidad del suelo para retener agua y permitir la circulación de aire, factores fundamentales para la fertilidad y el desarrollo de las plantas (Hillel et.al. 2008).

- **Interacción entre textura, densidad y porosidad.**

La textura del suelo influye directamente en la densidad aparente y la porosidad. Suelos arenosos suelen tener baja densidad aparente y alta porosidad, lo que favorece el drenaje, pero reduce la retención de nutrientes; mientras que suelos arcillosos presentan mayor densidad aparente y menor porosidad, reteniendo más agua y nutrientes, pero siendo más propensos a la compactación. La densidad real permite estimar con precisión la porosidad del suelo, mostrando cómo la combinación de estos factores físicos determina la disponibilidad de agua, aire y nutrientes, y, en consecuencia, la fertilidad del suelo (Hillel et.al. 2008).

4.2.5. Propiedades químicas del suelo.

Las propiedades químicas determinan la disponibilidad de nutrientes esenciales y, por tanto, la capacidad del suelo para sostener el crecimiento vegetal. Entre ellas destacan la materia orgánica (MO), el pH, los macronutrientes primarios (N, P, K) y la conductividad eléctrica (CE) (Kome et al. 2019).

- **pH del suelo.**

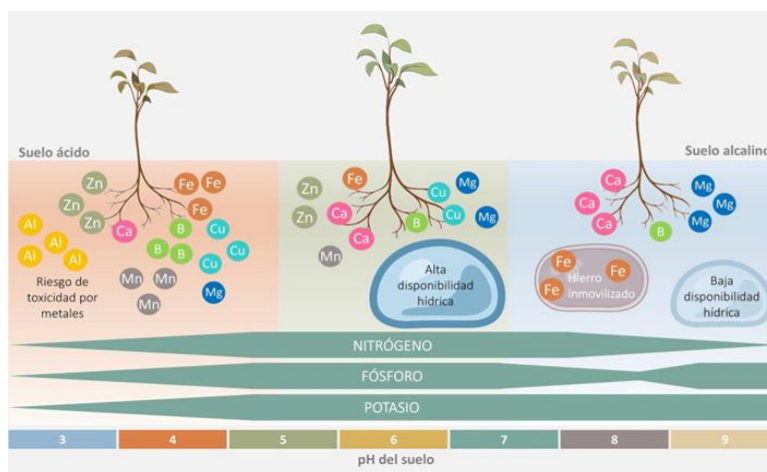
El pH es uno de los parámetros más influyentes en la fertilidad del suelo porque regula la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana (Barrow & Hartemink 2023). En suelos con pH muy ácido (< 5,5) o muy alcalino (> 7,8) pueden presentarse deficiencias o toxicidades de nutrientes como Al, Mn o Zn. En el diagnóstico regional realizado en Huaylas (Áncash), los valores de pH en el sector medio fueron moderadamente ácidos (5,58 a 6,28) mientras que en el sector bajo llegaron a valores entre 4,18 y 7,749 (Sifuentes 2023).

El pH regula la acidez o alcalinidad del suelo y controla la disponibilidad de los nutrientes. Los valores óptimos para la mayoría de los cultivos oscilan entre 6.0 y 7.0 (El-Seedy et al. 2023).

Sánchez (2019) señala que, los suelos ácidos (pH < 5.5) reducen la disponibilidad de Ca, Mg y P, mientras que los alcalinos (pH > 8.0) limitan la absorción de micronutrientes como Fe y Zn.

Figura 4

Disponibilidad de nutrientes según el pH de los suelos.



Nota: Extraído de Agrostockgroup 2023.

En la zona de Ocos, conocer el pH permitirá interpretar si los valores de nitrógeno, fósforo o potasio medidos son realmente disponibles para las plantas o están bloqueados por el pH.

Tabla 2

Características de la reacción del suelo

pH	Fertilidad	Características
<5,5	Bajo	Alta acidez, limita la disponibilidad de nutrientes.
5,5–6,5	Medio	Moderada acidez, disponibilidad de nutrientes adecuada.
>6,5	Alto	pH óptimo, nutrientes fácilmente disponibles.

Nota: Extraído de Sánchez 2019.

- **Materia orgánica (MO).**

La materia orgánica del suelo mejora la estructura del suelo, incrementa la retención de agua y nutrientes, y actúa como fuente de nitrógeno mineralizable. En el estudio de Huaylas, los suelos del sector medio presentaron MO de nivel “baja” (< 2 %) mientras que en el sector bajo fue de nivel medio (2-4 %) (Sifuentes Maguiña, 2023). Esto indica que sin un adecuado contenido de MO la fertilidad puede estar limitada, especialmente en suelos andinos que a menudo tienen menor desarrollo edáfico.

La materia orgánica es un componente clave para mantener la fertilidad, pues mejora la estructura, la retención de humedad y la CIC (Sánchez 2019).

Según Kome et al. (2019) la MO es fuente principal de nitrógeno, fósforo y azufre, liberados mediante la descomposición microbiana. En los Andes peruanos, los suelos presentan contenidos bajos de MO (<2%) debido a la erosión y al sobrepastoreo (Minagri, 2022).

Para el diagnóstico en Ocos es fundamental cuantificar la MO para estimar la capacidad del suelo de liberar N y de retener otros nutrientes, así como su respuesta al uso agrícola.

Tabla 3

Características de la materia orgánica.

Materia orgánica (%)	Fertilidad	Característica
<2	Bajo	Baja disponibilidad de nutrientes y poca actividad biológica
2-4	Medio	Moderada disponibilidad de nutrientes y actividad biológica aceptable
>4	Alto	Alta disponibilidad de nutrientes, mejora estructura y retención de agua

Nota: Extraído de Sánchez, 2022.

- **Macronutrientes.**

Los macronutrientes primarios son esenciales para el desarrollo vegetal y se requieren en grandes cantidades (Hartati et al. 2023).

- **Nitrógeno.**

Es el nutriente que con mayor frecuencia limita los rendimientos agrícolas; su disponibilidad depende de la mineralización de MO y de la difusión en el suelo.

Ciampitti & García (2007) refiere que, este elemento merece mención especial dado que es considerado el cuarto elemento más abundante en los vegetales tras el C, H y O, además es el macronutriente que se suministra más frecuentemente como fertilizante, ya que las plantas lo requieren en grandes cantidades. Los procesos de combinación del nitrógeno con otro elemento reciben el nombre de fijación del nitrógeno y se realizan, en la naturaleza, gracias a la acción de ciertos microorganismos y a las descargas eléctricas que tienen lugar en la atmósfera.

Tabla 4*Características del nutriente nutriente nitrógeno.*

N (mg/kg)	Fertilidad	Descripción
<0,1	Bajo	Escasa disponibilidad de nitrógeno limita el crecimiento vegetal
0,1–0,25	Medio	Nitrógeno moderado, suficiente para un desarrollo aceptable de cultivos
>0,25	Alto	Alta disponibilidad de nitrógeno favorece el crecimiento y rendimiento de los cultivos

Nota: Extraído de Hartati et al., 2023.**- Fósforo.**

Su disponibilidad está muy condicionada por el pH, la textura y la fijación en minerales de arcilla. Por ejemplo, en una cuenca costera peruana se registraron niveles bajos de P en suelos agrícolas para arroz (Corcuera Molina 2016).

Interviene en la formación de raíces, floración y maduración de frutos. En suelos ácidos, gran parte del P queda fijado por óxidos de Fe y Al, reduciendo su disponibilidad (Minagri, 2022).

En el diagnóstico del distrito de Pueblo Libre, el fósforo fue de nivel “alto” (> 14 ppm) en el sector bajo, lo cual abre la posibilidad de que la fertilidad no esté tan limitada por P, pero otros factores como MO o pH podrían condicionar su disponibilidad (Sifuentes Maguiña, 2023). El manejo del fósforo debe considerar el pH y la textura del suelo (El-Seedy et al. 2023).

Tabla 5*Características del nutriente fósforo.*

P (mg/kg)	Fertilidad	Descripción
<10	Bajo	Deficiencia de fósforo, afecta el desarrollo de raíces y la floración.
10–25	Medio	Fósforo moderado, permite un crecimiento equilibrado de la planta.
>25	Alto	Alta disponibilidad de fósforo favorece desarrollo óptimo de raíces y producción.

Nota: Extraído de El-Seedy et al., 2023.

- **Potasio.**

El potasio disponible en el suelo corresponde al K presente en la solución del suelo y al K intercambiable, ambas formas de fácil absorción por las raíces de las plantas; el 98 % del potasio total se encuentra en formas no disponibles para los cultivos, retenido en minerales arcillosos o feldespatos, y sólo pasa gradualmente a formas aprovechables según condiciones del suelo (Vásquez Culqui 2022).

Regula la translocación de azúcares, la apertura estomática y la resistencia al estrés hídrico. Los suelos arcillosos con illita o mica retienen más K intercambiable (Sánchez 2019). Su deficiencia se asocia con menor vigor y susceptibilidad a enfermedades (Hartati et al. 2023).

Tabla 6

Características del nutriente potasio.

K (mg/kg)	Fertilidad	Descripción
<100	Bajo	Baja disponibilidad de potasio limita el crecimiento y desarrollo de la planta
100–200	Medio	Potasio moderado, adecuado para crecimiento y resistencia a estrés
>200	Alto	Alta disponibilidad de potasio favorece vigor vegetativo y producción óptima

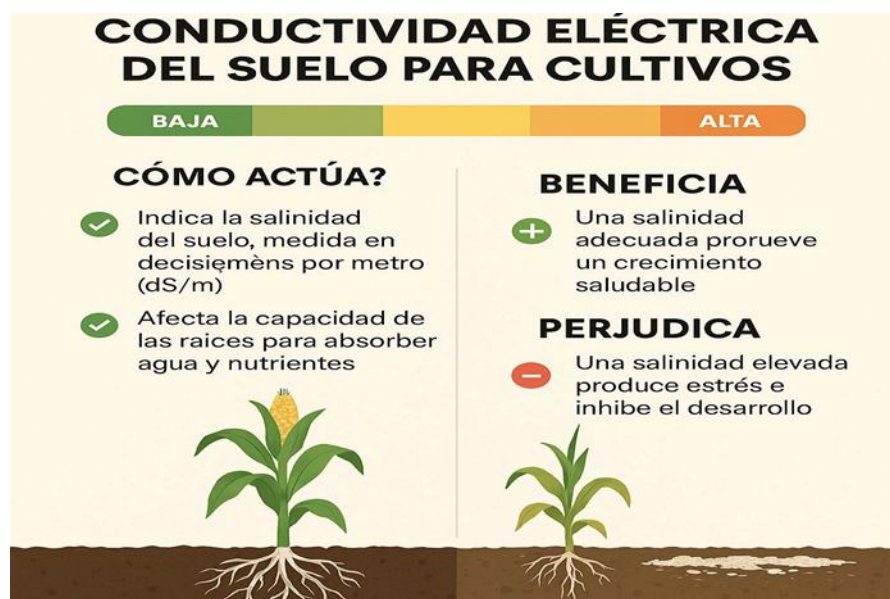
Nota: extraído de El-Seedy et al. 2023.

4.2.6. Conductividad eléctrica del suelo como indicador de estado de fertilidad y sanidad

La conductividad eléctrica (CE) del suelo es una medida de la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica, lo que depende de la concentración de iones disueltos en la solución del suelo. Elevadas CE pueden indicar salinidad, lo cual puede afectar la absorción de agua por las raíces y reducir la fertilidad real del suelo (Torres 2010).

Figura 5

Conductividad eléctrica de los suelos.



Nota: Extraído del ganadero 2022.

Valores elevados de CE señalan mayor concentración de sales solubles, lo cual puede limitar la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, afectando la fertilidad del suelo incluso en suelos aparentemente bien irrigados o con humedad adecuada.” (Intagri 2023).

En tierras de altura como las de Ocos, incluso si la salinidad no es un problema habitual, medir la CE permite descartar zonas con conductividad elevada que puedan estar limitando la disponibilidad de agua o nutrientes, o señalando acumulación de sales por riego o materiales transportados (Intagri 2023).

Tabla 7

Características de la conductividad eléctrica.

CE (dS/m)	Fertilidad	Descripción
<0,2	Bajo	Baja conductividad, suelos con bajo contenido de sales y nutrientes disponibles limitados
0,2–0,8	Medio	Conductividad moderada, suelos con balance adecuado de sales y nutrientes
>0,8	Alto	Alta conductividad, suelos ricos en sales y nutrientes, favorable para el crecimiento de cultivos

Nota: Extraído de El-Seedy et al. 2023.

4.2.7. Influencia del relieve, geomorfología y unidades del paisaje en la distribución de la fertilidad del suelo en la sierra peruana.

En la sierra peruana, el relieve, la pendiente, la altitud, las unidades geomorfológicas (terrazas, laderas, valles aluviales) y la posición en el paisaje afectan la formación del suelo, la acumulación o el arrastre de materia orgánica, la erosión, el drenaje y la deposición de sedimentos (Barreto & Huaytalla 2011).

Por ejemplo, los suelos fluvisoles del Callejón de Huaylas (Áncash) entre 1 800 y 3 700 msnm fueron estudiados para determinar contenidos de microelementos, evidenciándose que la altitud condiciona significativamente la variabilidad del suelo (Barreto & Huaytalla 2011).

Por tanto, en la comunidad campesina de Ocros, elaborar un mapa fisiográfico e identificar las unidades geomorfológicas permitirá asociar cómo la clase textural, la MO, el pH y los nutrientes están distribuidos en función del relieve. Esto facilita una interpretación espacial de la fertilidad del suelo y una recomendación de manejo acorde al paisaje.

4.2.8. Factores topográficos y climáticos.

El relieve influye directamente en la redistribución de nutrientes y la erosión del suelo. Las laderas presentan menor profundidad efectiva y mayor pérdida de materia orgánica, mientras que los valles acumulan materiales finos y nutrientes (Hartati et al. 2023). La altitud, a su vez, afecta la temperatura y la humedad del suelo, influyendo en la mineralización de la materia orgánica y, por ende, en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Poudel & Thapa, 2023).

4.2.9. Pendiente del terreno.

La pendiente es una variable topográfica fundamental que condiciona la formación, erosión y acumulación de suelos. Según Jenny (1941) indica que, el relieve (y por tanto la pendiente) es uno de los cinco factores que determinan la génesis del suelo. En terrenos con altas pendientes, el agua de lluvia fluye con mayor velocidad, incrementando la erosión hídrica y provocando la pérdida de la capa superficial fértil (Gómez & Huamán 2022).

En cambio, en pendientes suaves o moderadas, la infiltración es más alta, permitiendo una mayor acumulación de materia orgánica y nutrientes. En pendientes nulas

o planas, puede existir anegamiento o mal drenaje, lo que también afecta la fertilidad química (FAO 2022).

Por ello, la pendiente no solo condiciona la fertilidad, sino también la aptitud agrícola del terreno y el tipo de cultivo posible. En la Comunidad Campesina de Ocros, donde el relieve es abrupto, la variabilidad de la pendiente genera diferencias notables en la distribución espacial de nutrientes y en la profundidad del suelo cultivable.

Clasificación de la pendiente y su implicancia en la fertilidad del suelo Perú.

Tabla 8

Grado de pendiente.

Pendiente (%)	Característica.	Implicación para fertilidad / uso agrícola.
0-8	Pendiente suave, buena infiltración, baja erosión.	Alta aptitud agrícola, mayor retención de agua y nutrientes.
8-20	Pendiente moderada, mayor riesgo de escorrentía.	Aptitud media, requiere prácticas conservacionistas para mantener fertilidad.
>20	Pendiente fuerte, alta escorrentía y erosión.	Baja aptitud agrícola, fertilidad reducida, uso limitado.

Nota: Adaptado del D.S. 017-2009-AG.

La pendiente del terreno es un factor clave en la aptitud agrícola y en la fertilidad del suelo. Inclinaciones mayores incrementan la escorrentía, reducen la infiltración del agua, favorecen la erosión y limitan el desarrollo radicular y la acumulación de materia orgánica (IGP 2025). En el contexto peruano, la pendiente (%) es considerada como una limitante permanente en la evaluación de la aptitud agrícola, junto con la textura, profundidad efectiva, pedregosidad y clima (Midagri 2022).

4.2.10. Indicadores de fertilidad del suelo.

Los indicadores de fertilidad se agrupan en tres categorías: físicos, químicos y biológicos (El-Seedy et al., 2023; Kome et al., 2019).

Los indicadores físicos incluyen textura, estructura y profundidad; los químicos comprenden pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y conductividad eléctrica; mientras que los biológicos se refieren a la actividad microbiana.

En estudios recientes, Hartati et al. (2023) encontró que, los suelos con textura fina, alta materia orgánica y niveles adecuados de fósforo y potasio presentan las mayores clases de fertilidad. Midagri (2022) recomienda evaluar, el pH, MO y CE como parámetros esenciales en el diagnóstico de fertilidad de suelos agrícolas peruanos.

Tabla 9

Indicadores físicos de la fertilidad de los suelos.

Indicador	Descripción	Fertilidad
Textura	Proporción de arena, limo y arcilla; determina retención de agua y nutrientes	Bajo / Medio / Alto según predominancia de partículas
Densidad aparente	Masa de suelo seco por unidad de volumen; afecta aireación y raíces	Baja densidad → alta fertilidad; alta densidad → baja fertilidad
Porosidad	Porcentaje de espacios porosos en el suelo; influye en retención de agua y aireación	Mayor porosidad → mejor fertilidad

Nota: Adaptado de El-Seedy, (2023).

Tabla 10

Indicadores químicos de la fertilidad de los suelos.

Indicador	Descripción	Fertilidad
pH	Nivel de acidez o alcalinidad; regula disponibilidad de nutrientes	Bajo (<5,5) → baja; Medio (5,5–6,5) → media; Alto (>6,5) → alta
Materia orgánica (%)	Fuente de nutrientes y mejora estructura del suelo	Bajo (<2%) → baja; Medio (2–4%) → media; Alto (>4%) → alta
Nitrógeno (mg/kg)	Macronutriente esencial para crecimiento	Bajo (<0,1) → baja; Medio (0,1–0,25) → media; Alto (>0,25) → alta
Fósforo (mg/kg)	Macronutriente clave para raíces y floración	Bajo (<10) → baja; Medio (10–25) → media; Alto (>25) → alta
Potasio (mg/kg)	Macronutriente importante para vigor y resistencia	Bajo (<100) → baja; Medio (100–200) → media; Alto (>200) → alta
Conductividad eléctrica (dS/m)	Indica concentración de sales y disponibilidad de nutrientes	Bajo (<0,2) → baja; Medio (0,2–0,8) → media; Alto (>0,8) → alta

Nota: Adaptado de El-Seedy, (2023).

Tabla 11

Indicadores biológicos de la fertilidad del suelo.

Indicador	Descripción	Fertilidad
Actividad microbiana	Nivel de microorganismos y su función en descomposición y reciclaje de nutrientes	Baja → baja fertilidad; Media → media; Alta → alta fertilidad
Contenido de biomasa microbiana	Cantidad de microorganismos presentes	Bajo → baja fertilidad; Medio → media; Alto → alta fertilidad

Nota. Adaptado de El-Seedy, (2023).

4.2.11. Métodos de diagnóstico de fertilidad de suelos.

Muestreo.

Para diagnosticar la fertilidad del suelo es necesario seguir una metodología que incluya muestreo representativo, análisis físico-químico de laboratorio de los parámetros clave (textura, pH, MO, N, P, K, CE) y cartografía de resultados para visualizar la variabilidad espacial (Torres Duggan 2010).

En el Perú, la campaña “Perú 2M” propone que los productores sean capacitados, se tomen muestras y se analicen en la red de laboratorios LABSAF del INIA para luego generar mapas de fertilidad (INIA 2024). Además, en el estudio de Pueblo Libre (Sifuentes 2023) utilizó un diseño no experimental descriptivo para caracterizar la fertilidad en una superficie de 4 648,71 ha, determinando textura, pH, MO, P y CEC.

4.2.12. Relieve y mapa fisiográfico.

El relieve condiciona la distribución espacial de la fertilidad, afectando la erosión, la lixiviación y la acumulación de materia orgánica (Sánchez 2019).

El mapa fisiográfico permite identificar unidades geomorfológicas (crestas, laderas, valles, terrazas) y su relación con las propiedades del suelo (El-Seedy et al. 2023).

Poudel et al. (2023) demostraron que, la pendiente y la altitud explican gran parte de la variabilidad espacial de la fertilidad en paisajes montañosos.

4.2.13. Tipos de fertilidad del suelo.

- **Fertilidad adquirida.** Modificada por intervención humana (abonado, labranza) Romero (2008).

- **Fertilidad actual.** Es la que posee el suelo en un momento determinado, ya sea natural o adquirida (Romero 2008).
- **Fertilidad potencial.** Es la capacidad del suelo para mantener su fertilidad natural. En la evaluación de este tipo de fertilidad intervienen parámetros que no se utilizan de forma habitual en el establecimiento de la fertilidad natural (Romero 2008).
- **Fertilidad química.** Se refiere a las propiedades químicas del suelo, tanto sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes (Huerta 2010).

4.2.14. Diagnóstico del suelo.

Bazán (2017) indica que, el diagnóstico de suelos es una serie de técnicas y procedimientos que permite determinar sus características físicas y químicas para el desarrollo de los cultivos. En condiciones ecológicas tropicales, los suelos mantienen un ritmo cíclico en sus procesos que no se detiene, como suele ocurrir en otras regiones de latitudes intermedias, como las regiones templadas, donde la actividad biológica se reduce al mínimo por las bajas temperaturas. Esta actividad físico-química y biológica de los suelos está regulada fundamentalmente por la humedad y la temperatura; ya que esta última es alta y constante durante todo el año en latitudes tropicales (López et al., 2005).

4.2.15. Muestreo de suelo.

Bazán (2017) indica que el muestreo de suelos consiste en tomar submuestras al azar en diferentes lugares del campo, para luego mezclarla y obtener la muestra representativa o muestra compuesta. Esta muestra compuesta es adecuada, pero puede no dar una idea de la variabilidad que existe en el campo. El análisis de cada submuestra podría proveer buena información de la variabilidad, pero esto no es aplicable debido al gran costo que representa.

4.2.16. Aspectos a tener en cuenta previo al muestreo de suelos.

Susana (2010) menciona que, la fertilidad del suelo es variable en el espacio y en el tiempo, por lo que se requiere realizar una serie de observaciones y reunir información necesaria acerca del sitio de interés antes de muestrear, analizar y aplicar un programa de fertilización a un terreno dado. Algunas consideraciones para tener en cuenta son:

- Reconocimiento del terreno que se va a muestrear para delimitar áreas homogéneas (unidades de muestreo) con características físicas, topográficas y de manejo similares. Separar zonas que puedan interferir con la productividad o con las técnicas de manejo a aplicar, tales como arroyos, cercas, bordes, postes, caminos. Las zonas rocosas y manchas de suelos de diferente color, si son poco representativas, también se deben excluir.
- Elaborar un plano que identifique las áreas en que se pudo dividir el terreno, con medidas y referencias precisas (si es posible, incluir las coordenadas satelitales de las referencias).
- Decidir el método de muestreo a seguir, que debe facilitar el ordenamiento de la información de la finca, pensando en el desarrollo de un programa de fertilización y manejo continuado.

Para tomar mejores decisiones es útil registrar una serie de datos que ayudan a dar seguimiento a los cambios que ocurren en el lote.

4.2.17. Análisis de propiedades físicas.

La determinación rutinaria de las propiedades físicas incluye solo algunas de estas, siendo generalmente el contenido de agua o humedad del suelo, distribución del tamaño de partículas, y la densidad aparente las propiedades comúnmente presentes en un análisis de suelo (Bazán 2017).

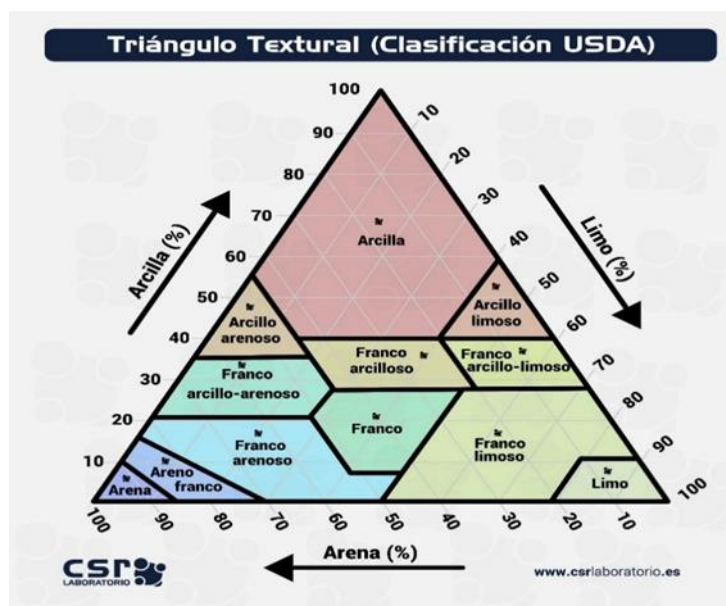
Una medida física común, especialmente en suelos que son irrigados, es la preparación de la pasta saturada. Esta provee un extracto en el cual están presentes aniones y cationes solubles y ellos pueden ser medidos. Por otro lado, este extracto puede dar lugar a criterios de deficiencia o toxicidad por salinidad (Bazán 2017).

Textura del suelo.

“La textura del suelo es la consistencia de un suelo húmedo sentida entre los dedos, y está asociada con la distribución del tamaño de sus partículas. Es una propiedad fundamental que afecta muchas de las propiedades físicas y químicas del suelo, como la capacidad de retención de agua y nutrientes, la conductividad hidráulica y la resistencia a la labranza.” (Geering & Hwat-Bing 2024).

Figura 6

Diagrama de las clases texturales de los suelos



Nota: Extraído de CSR Laboratorio.

4.2.18. Análisis de propiedades químicas.

El pH del suelo es posiblemente la medición más simple que puede realizarse a la hora de determinar las características de los suelos. La estimación del pH revela mucho más de las características del suelo que tan solo decir suelo ácido o alcalino. Así, por ejemplo, el pH se relaciona mucho con la disponibilidad de los nutrientes o con la toxicidad que pueden producir otros elementos. Importancia del análisis químico del suelo (Bazán 2017).

4.2.18.1. Importancia del análisis físico químico del suelo.

Mendoza (2019) indica que, el análisis químico del suelo es de vital importancia debido a que proporciona información esencial sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, así como la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Este análisis determina el contenido de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, pH, materia orgánica, azufre, elementos traza y otras características físicas. Además, permite evaluar la capacidad del suelo para actuar como fuente de nutrientes para las aguas superficiales y subterráneas, lo que es fundamental para la salud del suelo y la nutrición de las plantas.

Se evalúan parámetros como textura, humedad, densidad aparente, pH, salinidad, cationes cambiabiles y contenido de nutrientes como N, P y K. Mendoza (2019) destaca que, estos datos permiten decisiones informadas sobre fertilización y conservación.

El progreso en las pruebas de suelo facilita la evaluación de los suelos que probablemente actúen como fuentes de nutrientes para las aguas, lo que es esencial para la preservación de la salud y la capacidad productiva del suelo para generaciones futuras, (Mendoza 2019).

El análisis de suelos agrícolas es crucial para determinar la cantidad de abono a aplicar, ya que se basa en las necesidades reales de las plantas, lo que reduce la pérdida de fertilizantes y contribuye a una agricultura más sostenible, (Mendoza 2019).

Además, el análisis químico del suelo proporciona información valiosa sobre la capacidad de abastecimiento de nutrientes para los cultivos, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas en la agricultura (Mendoza 2019).

4.3. Definición de términos

- **Suelo:** Stivers (2023) menciona que, el suelo es un medio natural donde se desarrolla la actividad agrícola, proporcionando soporte físico, agua y nutrientes a las plantas.
- **Nutrientes:** ABC (2024) define a un nutriente en el suelo como una sustancia química disuelta en la humedad del suelo, necesaria para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. Estos nutrientes son esenciales para que las plantas puedan sobrevivir, crecer y reproducirse. Los nutrientes vitales son 13 elementos minerales, y son imprescindibles para el crecimiento de las plantas. Los macronutrientes, como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, son esenciales en cantidades significativas para alimentar las plantas, mientras que los micronutrientes, como el zinc, boro, molibdeno, manganeso, cloro y cobre, son necesarios en menor cantidad, pero igualmente indispensables para las plantas.
- **Fertilidad del suelo:** Isost (2023) define que la fertilidad del suelo se refiere a la capacidad del suelo para sostener el crecimiento de las plantas agrícolas y proporcionar un hábitat para las plantas, lo que resulta en rendimientos sostenidos y consistentes de alta calidad. Esta capacidad está influenciada por varios factores, incluyendo los componentes químicos, biológicos y físicos del suelo.
- **Diagnóstico del suelo:** CIMMYT (2019) define al diagnóstico del suelo como una práctica que permite conocer aspectos como el tipo de suelo, nivel de compactación, capacidad de retención de agua y necesidades de fertilización.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales.

5.1.1. *Ubicación del campo de estudio.*

Ubicación geográfica y límites del distrito de Ocros:

El distrito de Ocros está en la provincia del mismo nombre, dentro del departamento de Áncash. Su capital, que también se llama Ocros, se encuentra a unos 3 230 metros sobre el nivel del mar (DRE Áncash, s. f.; Distrito.pe, s. f.).

El territorio forma parte de la región andina del Perú, con un relieve bastante irregular: hay valles interandinos, laderas y pequeñas mesetas. Todo esto influye mucho en cómo se usa la tierra para la agricultura y en la forma en que se distribuye la fertilidad natural de los suelos, lo que resulta clave para las actividades productivas de la zona (PDRC Áncash, 2016-2021).

El área de estudio se desarrolló en el distrito de Ocros, específicamente en las zonas de cultivo ubicadas dentro de dicho distrito.

Los límites del distrito de Ocros son los siguientes:

Por el norte: con los distritos de Congas y Cajamarquilla.

Por el este: con los distritos de Acas y Chilcas.

Por el sur: con los distritos de Cochas y Choque.

Por el oeste: con los distritos de San Cristóbal de Raján y Copa.

5.1.2. *Caracterización de la zona de estudio.*

DRE Áncash. (s. f.), la Comunidad Campesina de Ocros es un lugar donde la gente realmente se organiza para sacar provecho de la tierra, usando sus recursos naturales de manera tradicional. Son unos 200 socios activas que participan en todo: cultivos, crianza de animales y también en la administración de la comunidad. Y bueno, no es cualquier cosa, porque la organización comunal juega un papel clave: ellos se encargan de planificar qué sembrar, cómo cuidar la tierra y el agua, y en general de que todo se maneje de manera sostenible. La verdad es que todo funciona más por el conocimiento que tienen de su

territorio que por reglas estrictas, y eso es lo que hace que su manera de organizarse sea tan especial.

El territorio de la comunidad ocupa unas 1 297 hectáreas, y dentro de todo ese espacio se pueden ver zonas de cultivo con riego, áreas de secano y pastizales naturales en las partes más altas, sin embargo, el área utilizada para fines agrícolas solamente asciende a 80 has ubicadas en la zona baja media y alta.

Esta forma de distribuir la tierra tiene mucho que ver con el relieve irregular y con cómo llega el agua, porque ambos factores influyen en qué tan buena es la tierra para sembrar y cuánto puede producir. Las zonas con riego son donde se hace más agricultura, mientras que las partes altas se usan más para pastoreo o simplemente para conservar la tierra.

DRE Áncash. (s. f.). Referente a los cultivos, la mayoría de las familias practica la agricultura familiar, que al final es para su propio consumo y, claro, para darle de comer al ganado. Lo que más se ve sembrado es maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*) y alfalfa (*Medicago sativa*); y la alfalfa (*Medicago sativa*), es como la estrella del grupo porque se adapta super bien al terreno, ayuda a que la tierra se regenere y, además, sirve como forraje para los animales. Por otro lado, algunas familias también tienen frutales, pero en áreas pequeñas: palta (*Persea americana*), limones (*Citrus limon*), melocotones (*Prunus pérsica*), tuna (*Opuntia ficus-indica*), estos cultivos dependen mucho del espacio que tengan y de lo que puedan manejar.

En cuanto al clima, al estar tan alto, Ocos tiene un régimen templado de altura, con lluvias que caen sobre todo entre diciembre y abril. Ese es justamente el período en que se siembran y crecen los cultivos. Durante la estación seca, en cambio, el agua de riego es más limitada, lo que condiciona un poco los calendarios de siembra y la disponibilidad de agua para la agricultura (DRE Áncash, s. f.).

Materiales.

Materiales de campo.

- Bolsas de polietileno.
- Wincha de 5m.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Lapiceros.
- Hojas de apuntes.
- Cámara fotográfica.
- Romana.
- Computadora.
- Pala
- Zapapico.
- Barreta.

Materiales de laboratorio.

- Bolsas de polietileno (recolección de muestras de suelos)
- Fiola de vidrio
- Tubos de ensayo.
- Papel de filtro
- Pipetas graduadas de vidrio.
- Probetas de vidrio.
- Varillas agitadoras.

5.2. Metodología.

5.2.1. Tipo de investigación.

La investigación fue de tipo aplicada, ya que busca generar información útil para el manejo sostenible de los suelos agrícolas en la Comunidad Campesina de Ocos.

5.2.2. Diseño de investigación

Se empleó un diseño metodológico no experimental, pues no se intervienen las condiciones naturales del objeto de estudio, y la recolección de datos se realizará en un único momento.

5.2.3. Población y universo.

Para el desarrollo del presente estudio se delimitó un área de estudio de 80 hectáreas, correspondiente a los sectores agrícolas más representativos de la comunidad campesina de Ocos. Esta superficie fue seleccionada por su importancia productiva y porque refleja de manera adecuada las condiciones de manejo y fertilidad de los suelos destinados al desarrollo de cultivos agrícolas.

5.2.4. Unidad de análisis y muestra.

La unidad de análisis estuvo formada por muestras de suelo de la comunidad campesina. Cada muestra representativa de los sectores altitudinales (bajo, medio y alto) pesa 1 kg y se obtiene combinando varias submuestras tomadas de manera sistemática en cada sector, lo que asegura que refleje la variabilidad del suelo.

5.3. Procedimiento.

5.3.1. Etapa preliminar.

Se realizó el reconocimiento de los campos de la Comunidad Campesina de Ocos, llevando a cabo la identificación de los terrenos a muestrear e identificando los estratos para el trabajo de muestreo, considerando que las áreas seleccionadas fueran accesibles y presentaran las condiciones adecuadas para la toma de muestras.

5.3.2. *Labores de campo.*

La fase de campo consistió en tomar las muestras de suelo de cada estrato. Al llegar al terreno, se realiza primero la limpieza de la parte superficial del área donde se tomarán las muestras. Luego, se procede a abrir un hoyo de aproximadamente 20 cm de profundidad para obtener cada submuestra. Se recolectan entre 15 y 25 submuestras por estrato, las cuales posteriormente se mezclan para obtener una muestra compuesta de 1 kg de suelo. Esta muestra final es la que se envía al laboratorio de suelos de la universidad para su análisis.

5.3.3. *Fase de laboratorio.*

La fase de laboratorio consistió en realizar el análisis de las muestras mediante reactivos y soluciones las cuales permiten determinar el contenido de nutrientes presentes en las muestras son decepcionadas en el laboratorio de análisis de suelos y aguas de la UNASAM, luego se codifican, posterior a ello se realiza el procedimiento del secado, tamizado y la molienda de muestras recolectadas.

Luego del análisis se realiza un reporte en de fertilidad con los valores correspondientes de las variables edafológicas, las cuales son analizadas y procedas y se realiza las recomendaciones o sugerencias de acuerdo con los datos.

5.3.4. *Fase de gabinete.*

Luego de recibir el reporte de las muestras del laboratorio, se procede al análisis de estas y se procesan para determinar el nivel de fertilidad de los suelos. Este proceso consiste en observar los datos y determinar si los suelos presentan limitaciones, deficiencias o excesos de nutrientes. Además, se evalúa la textura del suelo y cómo esta influye en su fertilidad. Toda esta información es importante porque las muestras analizadas reflejan la realidad del campo en cuestión y permiten comprender mejor las condiciones del suelo y su capacidad productiva.

5.3.5. *Recolección del número de muestras mediante la aplicación de una fórmula matemática.*

Se empleó un muestreo estratificado, considerando como estratos las tres zonas de muestreo diferenciadas por altitud:

- Zona baja (2846-2975 msnm) — Área aproximada: 23 hectáreas.
- Zona media (3157-3166 msnm) — Área aproximada: 40 hectáreas.

- Zona alta (3335-3638 msnm) — Área aproximada: 23 hectáreas.

El número de muestras representativas a recolectar en cada estrato se determinó considerando el área total, el tamaño recomendado de unidad de muestreo (5 hectáreas) y un factor de corrección por pendiente (Fp) de acuerdo con la inclinación del terreno para 20% de pendiente, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 1990).

$$N=(S/A)\times Fp$$

Donde:

A = Área del estrato (en hectáreas).

S = Tamaño estándar de unidad de muestreo: 5 hectáreas.

Fp = Factor de corrección por pendiente:

- Menor al 5%: Fp=1.0
- Entre 5% y 15%: Fp=1.2
- Mayor al 15%: Fp=1.5

Cálculo del número de muestras representativas por estrato.

- **Zona baja:**

$$23/5 \times 1.5 = 4 \times 1.5 = 7 \text{ muestras.}$$

- **Zona media:**

$$43/5 \times 1.5 = 4 \times 1.5 = 12 \text{ muestras.}$$

- **Zona alta:**

$$23/5 \times 1.5 = 8 \times 1.5 = 7 \text{ muestras.}$$

Tabla 12*Distribución de las muestras representativas por estrato.*

ESTRATO	ÁREA	N° DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS
Zona baja	23 ha	7 muestras
Zona media	40 ha	12 muestras
Zona alta	23 ha	7 muestras
Total	80 ha	26 muestras

La fórmula fue desarrollada como una herramienta metodológica propia, orientada a facilitar la planificación del muestreo de suelos en contextos agrícolas.

El cálculo del número de muestras por estrato se realizó aplicando la fórmula. $N=(S/A) \times Fp$, basada en criterios técnicos reconocidos por la FAO (1990) y el INTA (2015). La elección de una unidad de muestreo de 5 hectáreas responde a criterios de eficiencia y representatividad ampliamente aceptados en estudios de fertilidad, según lo señalado por (FAO, 1990). Asimismo, tanto la FAO como el INTA reconocen que la pendiente del terreno influye en la variabilidad edáfica, por lo que es recomendable aumentar la densidad de muestreo en áreas inclinadas para captar mejor la heterogeneidad del suelo.

En este estudio, se adoptaron valores prácticos y proporcionales para el factor de corrección por pendiente (Fp):

- Para pendientes menores al 5%: $Fp=1.0$
- Entre 5% y 15%: $Fp=1.2$
- Mayores al 15%

Estos valores, aunque no normados de forma oficial, son técnicamente razonables y permiten ajustar el tamaño muestral según las condiciones topográficas de cada estrato. La metodología empleada garantiza así la representatividad y validez técnica del diagnóstico de la fertilidad de los suelos. Así, el total de muestras representativas recolectadas en toda la comunidad será de 26 muestras.

Scheweizer (2011), cada muestra representativa estará conformada por entre 15 y 20 submuestras individuales, distribuidas aleatoriamente siguiendo un patrón en zig-zag, a una

profundidad de 0 a 20 cm (horizonte superficial del suelo). Posteriormente, las submuestras se mezclarán homogéneamente para conformar una muestra compuesta por sector altitudinal.

Este método es económico, ya que solo requiere una muestra, pero no refleja la variabilidad del área muestreada. Por lo tanto, al delimitar el área de estudio en función de la pendiente, se puede reducir la variabilidad del terreno, Scheweizer (2011).

Según FAO (1990) la recolección de estas muestras se llevará a cabo considerando la delimitación del terreno en función de la pendiente, estableciendo rangos de inclinación de 0 a 20 %, FAO (1990), señala, en lotes moderadamente empinados, se puede aplicar un patrón de muestra aleatoria que consiste en recolectar sub-muestras de diversas partes del campo y mezclarlas adecuadamente para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg, que se envía al laboratorio para su análisis.

5.3.6. Calificación de la fertilidad de los suelos

La tabla número 13, permite calificar la fertilidad de los suelos analizando las variables edafológicas del mismo, es un cuadro que resulta de la metodología empleada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia para determinar el nivel de fertilidad de los suelos, de la misma manera la tabla 14 permite determinar el nivel de fertilidad del área en estudio.

Tabla 13*Cuadro para calificar el puntaje de fertilidad*

Variable edafológica	Niveles	Interpretación	Puntaje
Potencial Hidrógeno (pH)	< 4.0, > 9.1	Extremadamente ácido y alcalino	1
	4.1 – 5.0, 8.6 – 9.0	Fuertemente ácido y alcalino	2
	5.1 – 5.5, 7.9 – 8.5	Ácido y alcalino	3
	5.6 – 6.6, 7.4 – 7.8	Ligeramente ácido y alcalino	4
	6.0 – 7.3	Neutro	5
Saturación de ácido (SA, meq/100 g)	> 60	Muy alta	1
	60 – 30	Alta	2
	30 – 14	Moderada	3
	14 – 5	Baja	4
	< 5	Muy baja	5
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC, meq/100 g)	< 5	Muy baja	1
	5 – 10	Baja	2
	10 – 15	Moderada	3
	15 – 20	Alta	4
	> 20	Muy alta	5
Bases totales (BT, meq/100 g)	< 4	Muy baja	0.5
	4 – 8	Baja	1
	8 – 12	Moderada	1.5
	12 – 16	Alta	2
	> 16	Muy alta	2.5
Saturación de bases (SB, %)	< 10	Muy baja	0.5
	10 – 35	Baja	1
	35 – 50	Moderada	1.5
	50 – 70	Alta	2
	> 70	Muy alta	2.5
Materia Orgánica (MO, %)	< 2	Muy bajo	1
	2 – 4	Pobre	2
	4 – 8	Medio	3
	> 8	Rico	4
Fósforo disponible (P, ppm)	< 7	Muy bajo	1
	7 – 14	Pobre	2
	> 14	Medio	3
Potasio disponible (K, ppm)	< 150	Muy bajo	1
	150 – 300	Pobre/Medio	2 – 4
	> 300	Rico	5

Nota: Extraído de IGAC (1995) y Ortega (1987) citado por Serrano y Vargas (2005).

Tabla 14*Puntuación para las muestras de suelo*

Nivel de fertilidad	Rango de puntaje
Muy alta	> 8.41
Alta	6.71 – 8.40
Moderada	5.11 – 6.70
Baja	3.61 – 5.10
Muy baja	< 3.60

Nota: Extraído de IGAC (1995) y Ortega (1987) citado por Serrano y Vargas (2005).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados.

Tabla 15

Resultado de las muestras en estudio.

MUESTRA N°	COORDENADA	ALTITUD	TEXTURA (%)			CLASE TEXTURAL	pH	M.O.%	Nt %	P ppm	K ppm	C.E ds/m.
			Are.	Lim.	Arc.							
Sector bajo												
M-1	235275 8847374	2846	46	34	20	Franco	6.42	1.846	0.09	21	136	0.151
M-2	235168 8847533	2849	36	36	28	Franco arcilloso	6.53	1.762	0.09	26	128	0.139
M-3	235240 8847733	2862	40	38	22	Franco	6.73	1.958	0.1	21	152	0.13
M-4	235435 8847936	2874	38	36	26	Franco	6.57	1.836	0.09	16	140	0.127
M-5	235356 8848291	2892	50	36	14	Franco	7.07	1.91	0.1	21	158	0.148
M-6	235511 8848745	2929	36	34	30	Franco arcilloso	6.99	1.874	0.09	27	160	0.14
M-7	235839 8849027	2975	60	30	10	Franco arenoso	6.48	2.116	0.11	17	162	0.238
Sector medio												
M-8	237113 8849363	3157	45	35	20	Franco	6.5	2	0.1	20	145	0.18
M-9	237028 8849233	3165	52	32	16	Franco	6.41	1.948	0.1	18	142	0.211
M-10	236963 8849136	3147	60	28	12	Franco arenoso	6.58	2.142	0.11	18	158	0.242
M-11	236896 8848997	3202	51	33	16	Franco	6.17	2.252	0.11	26	138	0.37
M-12	236751 8848853	3220	60	28	12	Franco arenoso	6.4	1.916	0.1	25	141	0.204
M-13	236572 8848806	3196	41	39	20	Franco	7.04	1.91	0.1	28	156	0.351
M-14	236686 8848676	3239	53	35	12	Franco arenoso	6.14	2.11	0.11	19	132	0.413
M-15	236846 8848803	3242	45	35	20	Franco	6.37	2.116	0.11	26	150	0.419
M-16	237068 8848915	3231	60	28	12	Franco arenoso	6.5	2.09	0.11	26	162	0.197
M-17	237213 8848996	3234	49	35	16	Franco	6.21	2.154	0.11	17	154	0.378
M-18	237217 8849188	3192	60	30	10	Franco arenoso	6.53	2.236	0.11	21	162	0.138
M-19	237444 8849331	3166	55	29	16	Franco arenoso	6.43	2.136	0.11	26	155	0.194
Sector alto												
M-20	238352 8849256	3335	57	37	6	Franco arenoso	6.1	2.418	0.12	17	153	0.239
M-21	238767 8852015	3327	48	36	16	Franco	6.35	2.08	0.11	22	148	0.185
M-22	238784 8852228	3349	41	47	12	Franco	6.13	2.374	0.12	9	164	0.149
M-23	239640 8852939	3437	57	33	10	Franco arenoso	6	2.43	0.12	9	138	0.157
M-24	240575 8853983	3568	47	41	12	Franco	6.16	2.274	0.11	14	140	0.236
M-25	240915 8854034	3607	59	33	8	Franco arenoso	6.06	3.224	0.16	13	132	0.106
M-26	240967 8854813	3638	39	43	18	Franco	6.2	2.284	0.11	14	138	0.155

6.1.1. Textura de los suelos.

Tabla 16

Sector bajo – textura.

Clase textural	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Franco	4	57.14	57.14
Franco arcilloso	2	28.57	28.57
Franco arenoso	1	14.29	14.29
Total	7	100	100

Luego de analizar las siete muestras del sector bajo, en el cuadro se aprecia claramente que los suelos francos predominan con cuatro de ellas, en este caso más de la mitad. Eso es importante porque los suelos francos son equilibrados: retienen agua suficiente, dejan que las raíces respiren y mantienen los nutrientes disponibles para la planta. En la práctica, eso significa que la mayoría del área es bastante favorable para el cultivo y no presenta problemas graves de manejo.

Después tenemos los suelos franco-arcillosos, con 2 muestras, casi un tercio. Estos son buenos reteniendo agua y nutrientes, lo que ayuda en periodos secos, pero si hay lluvias intensas, se debe prestar cuidado con el drenaje y la compactación.

Y finalmente, los suelos franco-arenosos, que aparecen solo en una muestra. Presentan alta permeabilidad, presentan buena aireación, pero no retienen tantos nutrientes, así que podrían necesitar enmiendas o fertilización extra para mantener la productividad.

La estadística nos indica que, al analizar las siete muestras, observamos que la moda y la mediana coinciden en Franco, o sea, el tipo más común y central. Eso indica que la zona tiene un suelo equilibrado, retiene agua, permite la respiración a las raíces y los nutrientes están disponibles para las plantas. La media: muestra que hay cierta influencia de los francos arcillosos, entonces algunas partes del terreno retienen un poco más el agua y los nutrientes.

En general, los suelos francos dominan en el sector bajo, versátiles y fáciles de manejar con buena retención de humedad y nutrientes. Los otros tipos aparecen menos, pues requieren un manejo más cuidadoso, pero no cambian la percepción general: el área es bastante favorable para el cultivo.

En conjunto, los francos dominan en el sector bajo, así que podríamos decir que la zona tiene un “suelo típico” muy versátil. Los otros tipos existen, sí, pero son minoritarios y su manejo depende un poco más de la atención que se les dé. En resumen, es un panorama bastante favorable para la agricultura, con suelos equilibrados y condiciones fáciles de trabajar.

Figura 7

Clases textural, zona baja.



Tabla 17

Sector medio – textura.

Clase textural	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Franco	6	50	50
Franco arenoso	6	50	50
Total	12	100	100

Revisando las 12 muestras, se observa que los suelos Franco y Franco arenoso aparecen con la misma frecuencia, cada uno con el 50%. En consecuencia, no hay un tipo claramente dominante, con esto el área tiene dos condiciones texturales bastante marcadas: una más equilibrada y otra con mayor proporción de arena.

La estadística indica una distribución bimodal, con igual frecuencia de la textura franco y franco arenosas. la mediana se sitúa entre ambas categorías, esto evidencia una

condición textural intermedia o de transición. La media nos indica un balance general entre ambas texturas, esto refleja una variabilidad homogénea entre el conjunto de datos.

Ahora, viéndolo desde el campo agrícola, los suelos Franco ofrecen un comportamiento muy favorable: retienen agua y nutrientes, permiten buena aireación y facilitan el manejo. Son suelos versátiles y estables para la mayoría de los cultivos. En cambio, los Franco arenosos, aunque también funcionan bien, drenan más rápido y pierden nutrientes con mayor facilidad. Entonces, ya que aparecen en la mitad del área, se debe considerar un manejo más cuidadoso:

En conjunto, estos resultados muestran que la zona media combina áreas con suelos muy equilibrados y otras que requieren un manejo más intensivo. No es un paisaje uniforme, pero sí uno que permite planificar estrategias diferenciadas para asegurar una buena productividad agrícola.

Figura 8

Clase textural – zona media.

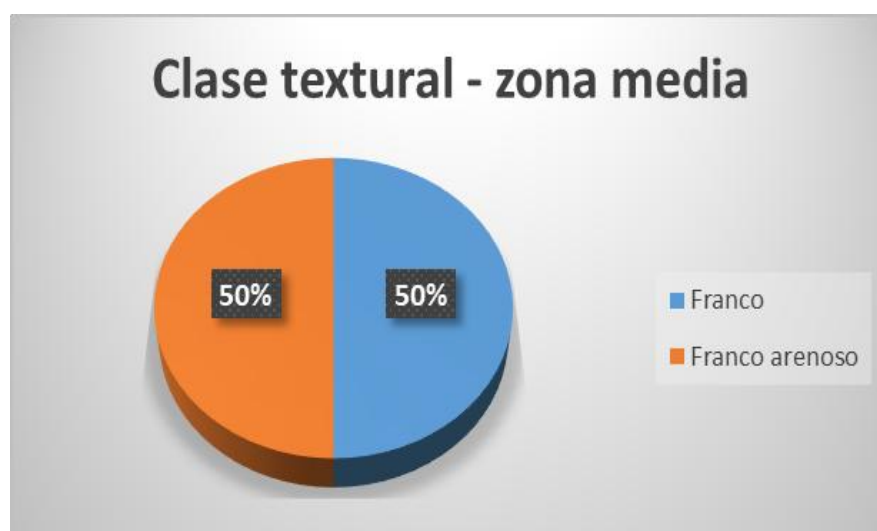


Tabla 18

Sector alto – textura.

Clase textural	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Franco	4	57.14	57.14
Franco arenoso	3	42.86	42.86
Total	7	100	100

Al analizar estas siete muestras del sector alto, se observa que la mayor parte corresponde a suelos Franco, con un 57% del total. Esto ya indica que la zona mantiene un predominio de texturas equilibradas, capaz de retener agua y nutrientes sin comprometer la aireación del suelo. Tanto la moda como la mediana coinciden en este tipo de textura, lo que reafirma que el “suelo típico” del conjunto sigue siendo el franco.

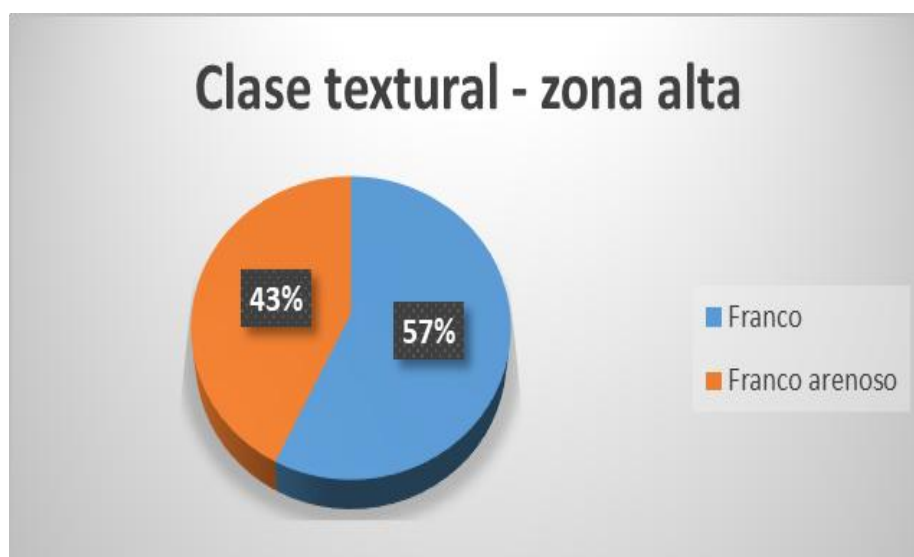
Ahora, los suelos Franco arenosos representan el 43%, una proporción significativa, y sugieren la presencia de sectores con mayor drenaje y menor retención de nutrientes. La media (1.43) muestra justamente esa mezcla: el grupo se inclina hacia lo franco, pero con un aporte notable de texturas más arenosas. Desde el punto de vista agronómico, esto implica que, aunque el suelo predominante sea estable y versátil, existen áreas donde será necesario un manejo más ajustado, especialmente en fertilización y materia orgánica.

En conjunto, el comportamiento textural de los suelos es favorable para la actividad agrícola: predominan los suelos francos, mientras que los francos arenosos añaden variabilidad sin representar restricciones severas, siempre que se apliquen prácticas de manejo adecuadas.

La estadística nos indica una mediana y una moda que coinciden correspondiendo a la textura franco, indicando la textura predominante. La media indica una tendencia hacia franco, aunque existiendo una presencia significativa de franco arenoso. Esto indica que la clase textural franco predomina, aunque con cierto grado de variabilidad hacia la textura más arenosa.

Figura 9

Clase textural - zona alta.



6.1.2. Reacción del suelo.

Tabla 19

pH de la zona baja.

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Moderadamente ácido (5.6–6.6)	4	57.10%	57.10%
Neutro (6.6–7.3)	3	42.90%	42.90%
Total	7	100%	100%

Distribución del pH en la zona baja. Luego de revisar las siete muestras de suelo del sector bajo y calificar el pH de acuerdo con la escala de Barrantes (1992) el pH se mantiene mayormente dentro del rango moderadamente ácido (5.6-6.6), además la estadística nos indica que la media tiene un valor de 6.7, la mediana 6.57 y no presenta moda, estos valores indican que el pH es bastante estable y en general favorable para la mayoría de los cultivos, pues estos valores están cercanos a la neutralidad, esto significa que la mayoría de los nutrientes están disponibles y que, en principio, los cultivos pueden crecer sin mayores dificultades.

Por otra parte, el P, Ca, Mg, podrían no estar directamente accesibles para la planta, pues el fósforo tiende a formar fosfatos insolubles en suelos ácidos, por otra parte, la existencia de Fe, Mg Cu, están bastante disponibles, en cuanto a las plantas en crecimiento es favorable con un desarrollo de raíces, la actividad microbiana se mantiene moderada, esto permite que la materia orgánica se descomponga adecuadamente, aunque más lenta que en suelos neutros.

Figura 10

pH de la zona baja.

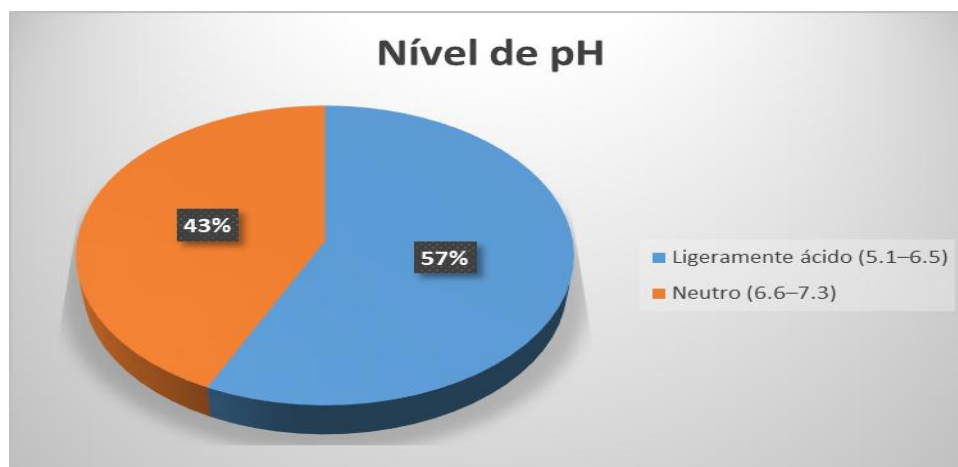


Tabla 20

pH de la zona media.

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Moderadamente ácido (5.6-6.6)	11	91.70%	91.70%
Neutro (6.6-7.3)	1	8.30%	8.30%
Total	12	100%	100%

Distribución del pH en la zona media. Luego de revisar las siete muestras de suelo del sector bajo y calificar el pH de acuerdo con (Barrantes 1992). A partir de estos datos, al analizar las 12 muestras del sector medio, vemos que la gran mayoría se encuentra en el rango moderadamente ácido (5.6-6.6), representando el 91.7% del total, solo una muestra, equivalente al 8.3%, cae dentro del rango neutro (6.6-7.3), lo que sugiere que las zonas con pH más equilibrado son muy puntuales dentro del área evaluada. Dicho esto, el suelo en este sector tiende claramente hacia condiciones ácidas, aunque hasta cierto punto no es extremo.

Tal como se observa en la parte biológica, este pH favorece un crecimiento y desarrollo adecuado de las raíces de las plantas, así como una actividad microbiana moderada. Esto permite que la materia orgánica se descomponga de manera eficiente, aunque algo más lenta que en suelos neutros, donde la descomposición es un poco más rápida. De ahí que estos suelos sean, en general, aptos para cultivos que toleren o prefieran condiciones ligeramente ácidas.

La estadística refuerza este análisis. La media del pH es 6.44 y la moda 6.5, ambas dentro del rango moderadamente ácido, lo que refleja que el pH es bastante estable y uniforme. La moda se encuentra en el intervalo 5.1–6.5, que es la categoría con mayor frecuencia, mientras que la media y la mediana también apuntan hacia este nivel, por la predominancia de estas muestras. Esto sugiere, cuando menos, que los suelos del sector medio presentan condiciones relativamente constantes, lo que, para fines prácticos, es favorable para la planificación de cultivos.

Figura 11

pH de la zona media.

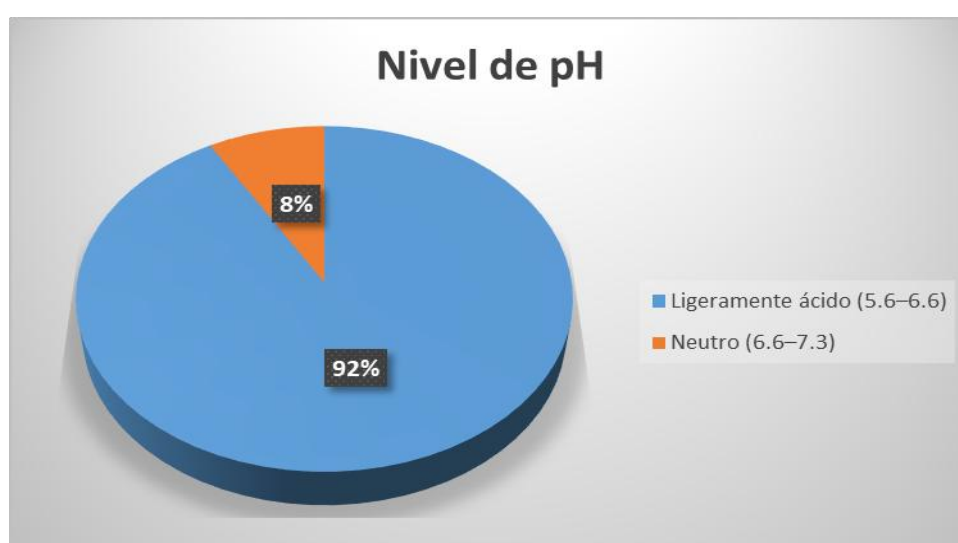


Tabla 21

pH de la zona alta.

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Moderadamente ácido (5.6–6.6)	7	100%	100%
Neutro (6.6–7.3)	0	0%	0%
Total	7	100%	100%

Distribución de materia del pH en la zona alta. Luego de revisar las siete muestras de suelo del sector bajo y calificar el pH de acuerdo con la escala de Barrantes (1992) vemos que todas se ubican en el rango moderadamente ácido (5.6–6.6). Aunque esto indica cierta

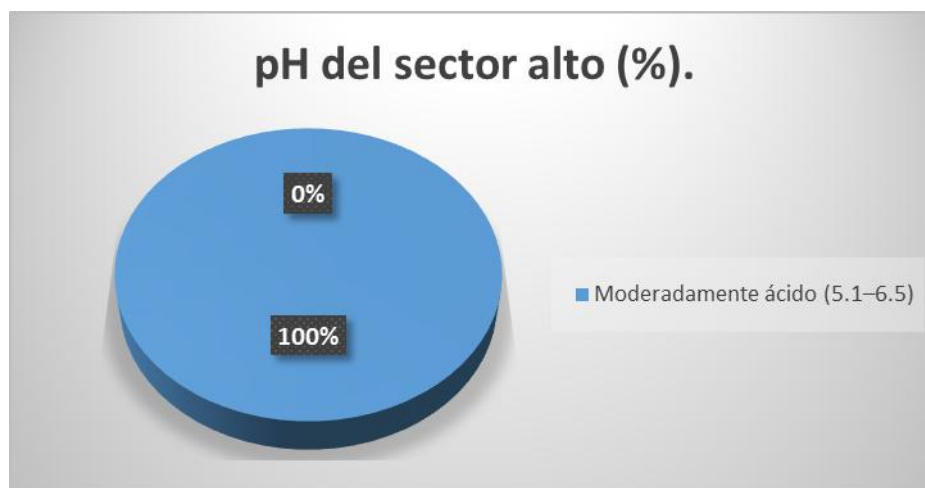
uniformidad, hasta cierto punto no podemos descartar pequeñas variaciones locales que podrían afectar ciertos cultivos. El suelo en este sector tiende claramente hacia condiciones ácidas, pero no con situaciones extremas.

En la parte biológica, el nivel de pH es moderadamente ácido, esto favorece el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas, como también una actividad microbiana moderada. Esto se debe porque la descomposición de la materia orgánica se presenta de manera adecuada, aunque algo más lenta que en suelos neutros, en donde la actividad microbiana puede ser un poco más rápida. Entonces, en términos prácticos, estos suelos son aptos para cultivos que toleren o incluso prefieran condiciones ligeramente ácidas.

La estadística refuerza este análisis. La media del pH es de: 6.16, la mediana se encuentra en: 6.13 y la moda de: 6.1; las medidas de tendencia central se encuentran dentro de ser rango. Esto indica que el pH es bastante estable y uniforme, esto sugiere, cuando menos, que los suelos del sector medio presentan condiciones relativamente constantes, lo que, por razones prácticas, facilita la planificación de cultivos.

Figura 12

pH de la zona alta.



6.1.3. *Materia orgánica de los suelos en estudio.*

Tabla 22

Análisis del porcentaje de materia orgánica en la zona baja,

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Pobre (< 2 %)	6	85.71%	85.71%
Medio (2 – 4 %)	1	14.29%	14.29%
Total	7	100%	100%

Distribución de materia orgánica (%MO) en la zona media.

El cuadro resume los datos de las siete muestras de la zona baja, luego de ser calificadas de acuerdo con Barrantes (1992) mostrando que el sector bajo presenta un nivel pobre de materia orgánica, correspondiente al 85 % del total de las muestras, y un nivel medio de materia orgánica en el 14,29 % de las muestras restantes.

Esto refleja lo siguiente: en cuanto al contenido pobre de materia orgánica, indica que los suelos tienen baja fertilidad natural, con poca capacidad de retener nutrientes y agua, podrían requerir enmiendas orgánicas para mejorar la productividad.

En cuanto al contenido medio de materia orgánica en los suelos, esto sugiere que los suelos tienen una fertilidad moderada, suficiente para cultivos con menos exigencias, mediante manejo orgánico adicional se podrían mejorar la fertilidad.

Desde el punto de vista estadístico.

La estadística indica, la media de la materia orgánica es, 1.9% que básicamente confirma que el suelo es de nivel pobre, con condiciones bajas para mantener nutrientes disponibles para las plantas. La mediana es igual a 1.8 %, así que los datos están bastante equilibrados y, sin la presencia de moda, lo que refleja que la fertilidad de la mayoría de los suelos es limitada.

Figura 13

Nivel de materia orgánica de la zona baja de los suelos.



Tabla 23

Análisis del porcentaje de materia orgánica en la zona media.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Pobre (< 2 %)	3	25.00%	25.00%
Medio (2 - 4 %)	9	75.00%	75.00%
Total	12	100%	100%

Distribución de materia orgánica (%MO) en la zona media.

Luego de ser analizadas de acuerdo con Barrantes (1992) observamos la tabla de las muestras en estudio, la mayoría de los suelos presentan un contenido pobre de materia orgánica (<2%), correspondiente al 75 % del total de las muestras, y en el rango de pobre las muestras se encuentran en un 25%. Estos resultados muestran suelos con una fertilidad limitada, para mejorar la producción se requeriría aplicar enmiendas orgánicas.

La estadística indica que la media de materia orgánica es 2.09 %, lo que refleja que los suelos se encuentran en un nivel medio de fertilidad, aunque un poco cerca al límite inferior. La mediana indica un valor de 2.11 %, esto indica que la mitad de los suelos presentan un contenido de materia orgánica por encima de este valor y la otra mitad por

debajo, confirmando una distribución relativamente simétrica. en cuanto a la moda no existe, esto evidencia que no hay un valor repetido que sea dominante, aunque la mayoría de los suelos se concentra en el rango medio.

El análisis de los datos muestra que los suelos en estudio presentan una fertilidad moderada en la mayoría de las muestras con presencia de algunas áreas que requieren un manejo orgánico adicional.

Figura 14

Nivel de materia orgánica de la zona media de los suelos.



Tabla 24

Análisis del porcentaje de materia orgánica en la zona alta.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Medio (2 – 4 %)	7	100%	100%
Total	7	100%	100%

Distribución de materia orgánica (%MO) en la zona alta.

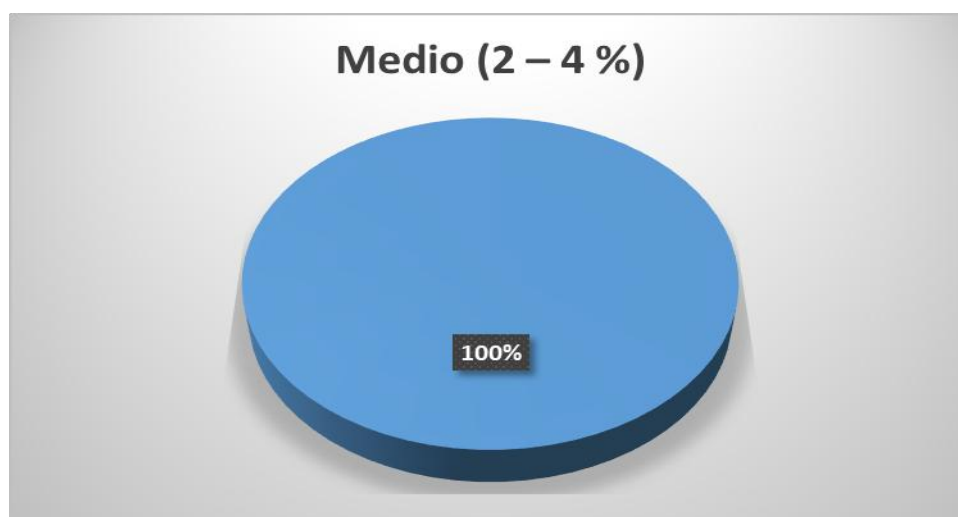
El cuadro muestra que el 100% de la muestra presentan un contenido de materia orgánica (2-4%), lo que indica que la fertilidad de los suelos es moderada, adecuada para la mayoría de los cultivos, los suelos en esta zona presentan una capacidad aceptable de retención de agua y nutrientes.

El análisis estadístico presenta una media de 2.44 % y la mediana 2.37 %, confirmando que los suelos se mantienen de manera homogénea dentro de este nivel, los datos analizados no presentan moda, esto refleja una variabilidad leve, si la presencia de

valores extremos, en conjunto los suelos muestran condiciones adecuadas de fertilidad que pueden mantenerse o mejorarse mediante prácticas de manejo orgánico para mejorar la productividad.

Figura 15

Nivel de Materia orgánica de la zona alta.



6.1.4. Nitrógeno total de los suelos en estudio.

Tabla 25

Análisis del porcentaje de nitrógeno total en la zona baja.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Pobre (< 0.10 %)	7	100.00%	100.00%
Total	7	100.00%	100.00%

Distribución del nutriente nitrógeno en la zona baja.

Los datos obtenidos y clasificados para el contenido de nitrógeno en los suelos en estudio se analizaron siguiendo el criterio establecido por la escala de Barrantes 1992). Esto permitió organizar la información de manera consistente y comparar los niveles de nitrógeno entre las distintas muestras de suelo.

Analizando los datos observamos que las siete muestras de suelo la zona baja presenta nitrógeno total en el nivel pobre (<0.10%). Todos los suelos analizados, es decir el 100 % de las muestras, indican concentraciones con bajas reservas de este elemento. En términos generales, el suelo del área en estudio presenta un contenido pobre de nitrógeno,

el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Se observa que la zona alta presenta un déficit de nitrógeno de manera general, estos valores dificultan la planificación del manejo agrícola que se tendrían que corregir.

La estadística refuerza esta conclusión, siendo la media de 0.095%, la mediana 0.094% y la moda 0.092%. Los valores de las medidas de tendencia central refuerzan que la mayoría de los suelos se encuentran en una zona crítica de déficit de nitrógeno, siendo poca la variación entre las muestras. Por otra parte, la presencia de la moda siendo dos veces, indica que el suelo con contenido de nitrógeno que predomina tiene 0.92%, esto confirma que gran parte del área evaluada, presenta limitaciones importantes para el crecimiento de los cultivos.

Figura 16

Porcentaje del contenido de nitrógeno en la zona baja.

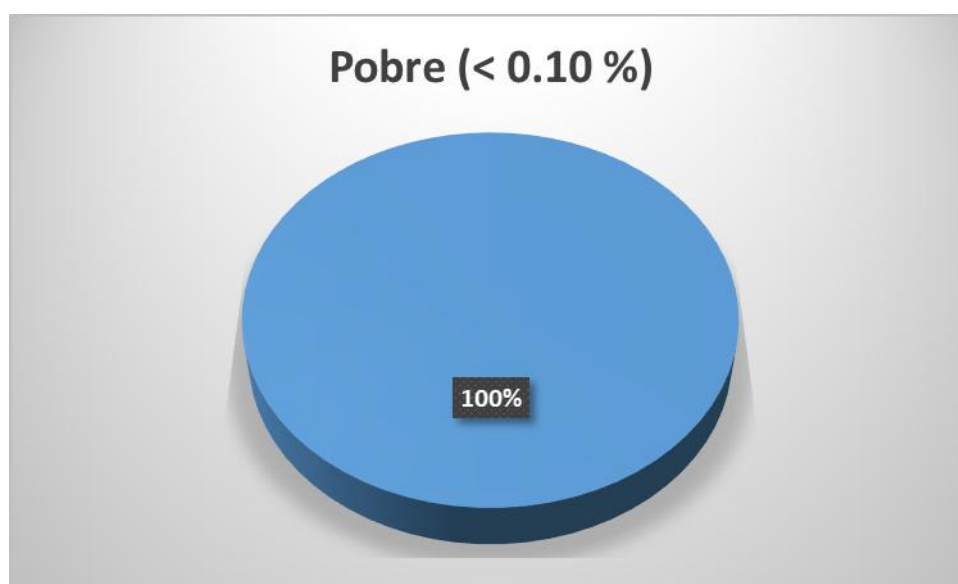


Tabla 26

Análisis del porcentaje de nitrógeno en la zona media.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Pobre (< 0.10 %)	3	25.00%	25.00%
Medio (0.11 – 0.20)	9	75.00%	75.00%
Total	12	100%	100%

Distribución del nutriente nitrógeno en la zona media.

El cuadro indica que el 75% de las muestras se ubican en el nivel medio (0.11-0.20%), mientras que el 25% restante de las corresponden al nivel pobre (<0.10%). Esto indica que en general la evaluación de los suelos, presentan una baja a moderada fertilidad con respecto al nitrógeno, el nivel de nitrógeno en la zona media puede limitar el crecimiento y rendimiento de los cultivos es particular de aquellos con alta demanda nutricional.

El nitrógeno total del suelo está en estrecha relación con el contenido de materia orgánica de los mismos, pues constituye la principal reserva de nitrógeno en los suelos. Por otra parte, estos suelos con contenido medio de nitrógeno presentan disponibilidad de nitrógeno ligeramente superior, pero aun insuficientes para sostener rendimientos óptimos.

Ahora bien, los datos distribuidos mediante las medidas de tendencia central indican que la media (0.105%) y la mediana (0.1065%), presentan valores muy cercanos entre sí, esto indica una distribución relativamente homogénea de los datos sin valores extremos que distorsionen los valores del nitrógeno total de los suelos evaluados. Por otra parte, la moda multimodal ubicada en valores cercanos (0.10 – 0.11%), fortalecen la idea de concentrarse en un rango estrecho con baja disponibilidad de nitrógeno, esto confirma la baja disponibilidad de nitrógeno en esta zona, confirmando una condición general de fertilidad nitrogenada limitada.

Los datos de las medidas de tendencia central del nitrógeno total de los suelos evaluados indican que presentan una fertilidad baja a moderada, que se relacionan estrechamente con los contenidos pobres a medios de materia orgánica de los suelos.

Figura 17

Porcentaje del nitrógeno total en la zona media.

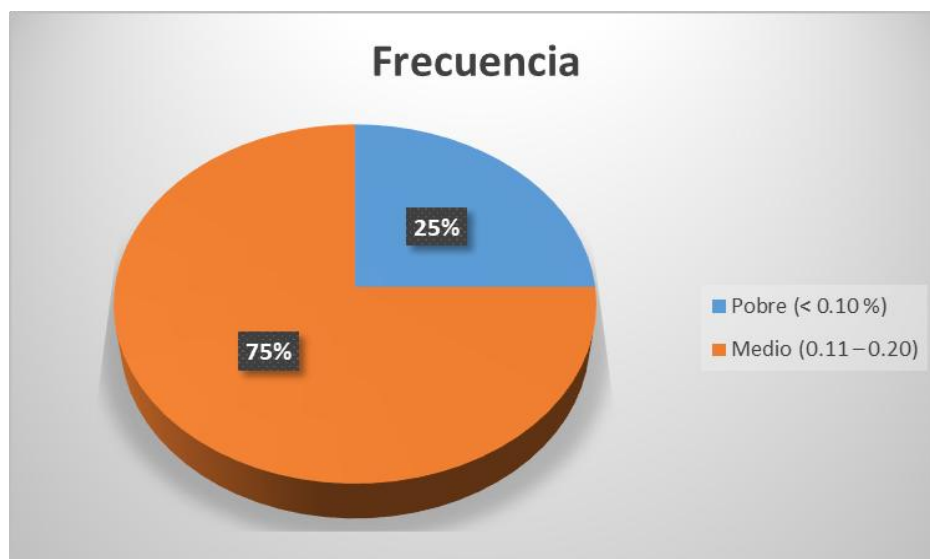


Tabla 27

Análisis del porcentaje de nitrógeno en la zona alta.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Medio (0.11 – 0.20)	7	100.00%	100.00%
Total	7	100.00%	100.00%

Distribución del nutriente nitrógeno en la zona alta.

El cuadro indica que los datos obtenidos y clasificados para el contenido de nitrógeno en los suelos en estudio se analizaron siguiendo el criterio establecido por la escala de Barrantes (1992). Luego de analizar la tabla se aprecia que el 100% de las muestras corresponde al nivel medio de nitrógeno, esto indica que los suelos en estudio de la zona alta presentan una disponibilidad moderada de nitrógeno.

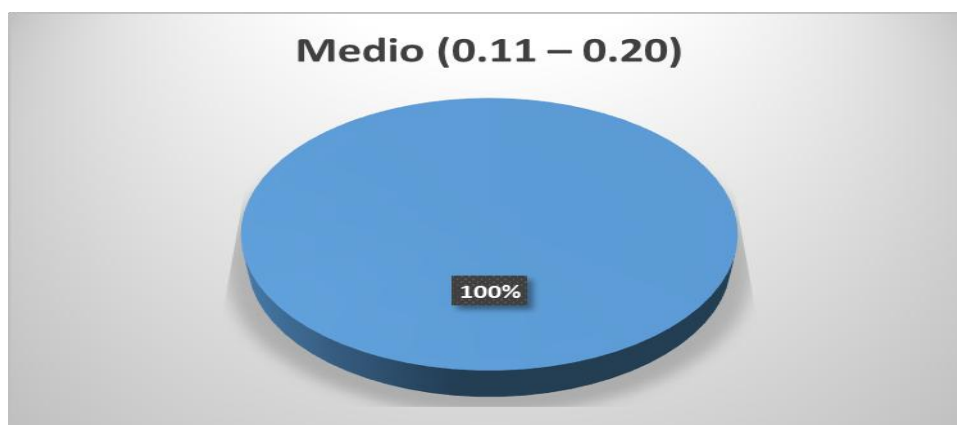
Con estos datos podemos indicar que el contenido de nitrógeno en la zona alta es proporcionado por la presencia de materia orgánica que se encuentra en un nivel medio, el porcentaje de 100% de las muestras respaldan estos valores de nitrógeno, esta condición del suelo limita, pero no restringe gravemente el potencial productivo del suelo.

Por otra parte, la estadística, mediante las medidas de tendencia central. Indican que las muestras de nitrógeno total presentan una media de 0.123%, la mediana cercana al

0.119% y una moda cercana 0.114%, estos valores se sitúan exactamente dentro del nivel medio (0.11 – 0.20%), esto confirma que los suelos evaluados presentan una disponibilidad moderada de nitrógeno. Los valores de las medidas de tendencia central para el nitrógeno indica que los suelos presentan un contenido moderado de nitrógeno.

Figura 18

Porcentaje de nitrógeno en la zona alta.



6.1.5. Fosforo total de los suelos en estudio.

Tabla 28

Análisis del nutriente fosforo del sector bajo.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Rico (> 14.1 ppm)	7	100.00%	100.00%
Total	7	100.00%	100.00%

Distribución del nutriente fosforo en la zona baja.

Los datos obtenidos y clasificados para el contenido de nitrógeno en los suelos en estudio se analizaron siguiendo el criterio establecido por la escala de (Barrantes 1992). El cuadro indica que el 100% de las muestras presentan un nivel rico (>14.1 ppm), esto indica que los suelos presentan un buen contenido de fosforo. Estos valores de fosforo son adecuados para poder cubrir el requerimiento nutricional de los cultivos, los valores de contenidos de nivel alto en los suelos permiten un buen desarrollo radicular, la floración y el rendimiento. No hay evidencia de la deficiencia de fosforo.

La estadística indica mediante las medidas de tendencia central, una media de 21.29 ppm, una mediana de 21 ppm y una moda de 21 ppm, presentando una distribución homogénea. Las medidas de tendencia central muestran una cercanía indicando una distribución aproximadamente simétrica y sin valores extremos relevantes. Por otra parte, que las muestras se concentren en el 100% del nivel rico, indican que los suelos de la parte alta presentan una uniformidad fosfórica.

Figura 19

Nivel de fósforo en los suelos de la zona baja.

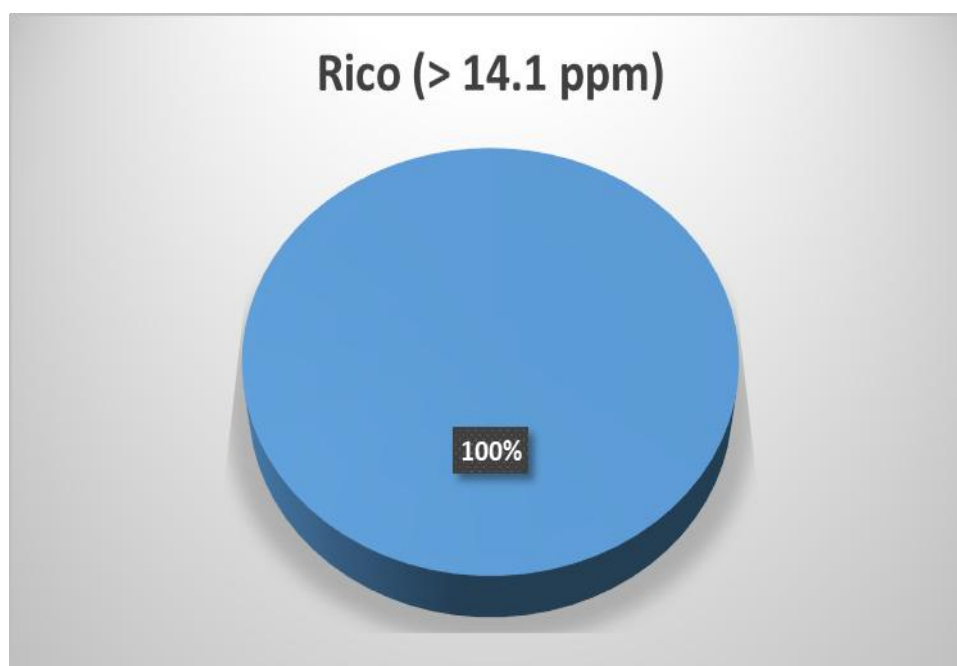


Tabla 29

Análisis del nutriente fósforo en la zona media.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Rico (> 14.1 ppm)	12	100.00%	100.00%
Total	12	100.00%	100.00%

Distribución del nutriente fósforo en la zona media.

El cuadro revela los resultados de las muestras de la zona media luego de ser clasificada, según Barrantes (1992), con un contenido alto de fósforo. Las muestras presentan en un 100 % un nivel rico (> 14.1 ppm) de fósforo, lo que indica un alto contenido de este nutriente. Los niveles de fósforo son suficientes para satisfacer los requerimientos

nutricionales de los cultivos, esto favorece procesos claves como el crecimiento radicular, la floración y la formación de frutos. No se evidencia deficiencias de este nutriente.

La estadística muestra una media de 22.50 ppm, una mediana de 23 ppm y una moda de 26 ppm, todas se encuentran dentro del rango rico, presentando valores muy cercanos entre sí, indicando que las muestras tienen baja dispersión sin valores atípicos. La mediana y la media presentan una cercanía, esto indica una distribución relativamente equilibrada, por otra parte, la moda sugiere una concentración alta de niveles de nitrógeno, pues refleja la concentración de la mayor frecuencia de las observaciones. El comportamiento de las medidas de tendencia central indica que, el conjunto de datos se encuentra claramente dentro del nivel alto de este nutriente. Esto permite afirmar que los resultados son representativos y confiables, en consecuencia, respalda la interpretación agronómica de un suelo con adecuada y estable disponibilidad del nutriente.

Figura 20

Nivel de fósforo en la zona media.

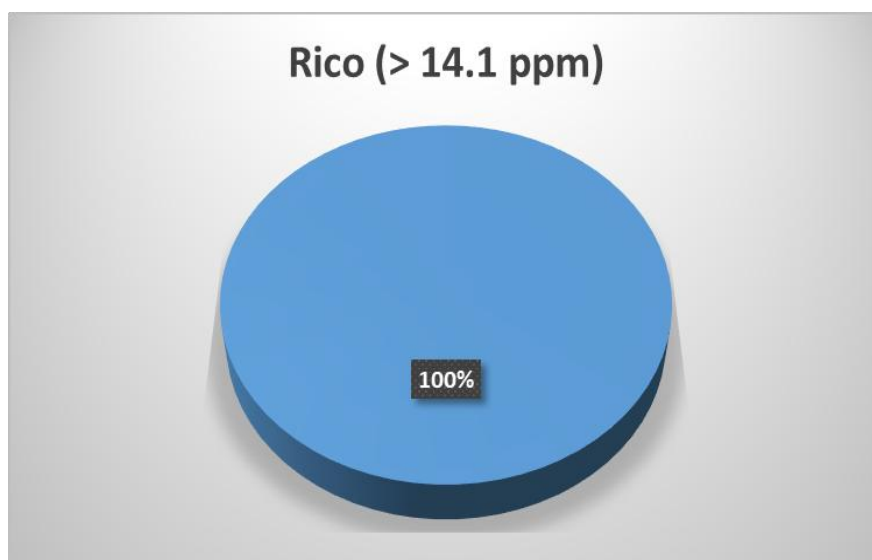


Tabla 30*Nivel de fósforo en la zona alta.*

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Medio (7.1–14.0 ppm)	5	71.43%	71.43%
Rico (> 14.1 ppm)	2	28.57%	28.57%
Total	7	100.00%	100.00%

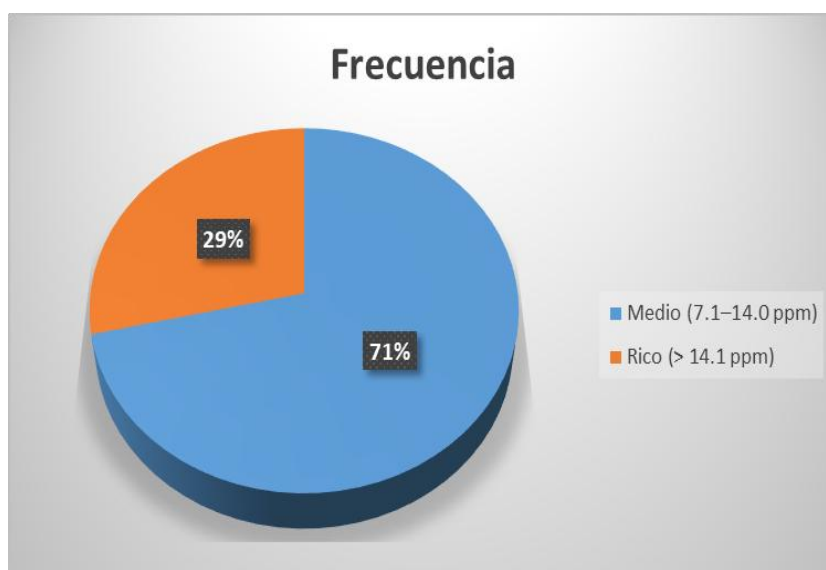
Distribución del nutriente fósforo en la zona alta.

De acuerdo con la calificación de Barrantes (1992) la tabla muestra un contenido predominante del contenido de nivel medio en la mayoría de las muestras con un 71.43% del total y un 28.5% en el nivel rico. Esto indica que los niveles de fósforo en los suelos presenta una condición nutricional media predominantemente, con la presencia de ciertas áreas con un contenido rico. Los suelos con un nivel rico de fósforo indican una mejor reserva del nutriente, esto permite un suministro estable del fósforo a lo largo del ciclo del cultivo. Por otra parte, los suelos calificados como nivel medio de fósforo, presentan una disponibilidad adecuada para el requerimiento del crecimiento y desarrollo de los cultivos, sin embargo, bajo condiciones de alta demanda el fósforo puede actuar como nutriente limitante.

Desde el punto de vista estadístico, la media es de 14 ppm, la mediana de 14 ppm y la moda (9 y 14 ppm), la media y la mediana coinciden en los valores, esto indica que los valores se encuentran en el límite superior del nivel medio, esto evidencia la estabilidad en la tendencia central de los datos. La moda indica la presencia de dos grupos de suelo con diferente disponibilidad de fósforo, por una parte, un suelo con contenido medio bajo y el otro suelo cercano al umbral del nivel rico. Los valores estadísticos indican que el contenido de fósforo en los suelos presentan una variabilidad moderada, predominado el nivel medio de fósforo, esto respalda la interpretación agronómica.

Figura 21

Nivel de fósforo en la zona alta.



6.1.6. Potasio total de los suelos en estudio.

Tabla 31

Análisis del potasio de la zona baja.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Pobre (< 150 ppm)	3	42.86%	42.86%
Medio (150 – 300 ppm)	4	57.14%	57.14%
Total	7	100%	100%

Distribución del nutriente potasio en la zona baja.

El cuadro indica el contenido de potasio en el sector bajo con un 57.14% de las muestras clasificada en el nivel medio, y el 42.8% corresponden al nivel pobre, esta clasificación se realizó según la interpretación de (Barrantes 1992). Los resultados indican que los suelos presentan un nivel moderado de potasio. El potasio es esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas, este macronutriente favorece la regulación hídrica, mejorando la calidad de los cultivos.

La estadística con una media de 148 ppm, una mediana de 152 ppm sin presencia de la moda. La media se ubica en el límite inferior del nivel medio, esto evidencia una transición entre el nivel pobre y medio, la mediana evidencia que el 50% de las muestras se encuentra

en el nivel medio. La ausencia de la moda indica una variabilidad moderada del potasio en el área de estudio. Estos valores sugieren que los niveles de potasio pueden satisfacer de forma parcial los requerimientos nutricionales de la planta.

Figura 22

Porcentaje del nivel de potasio en la zona baja.

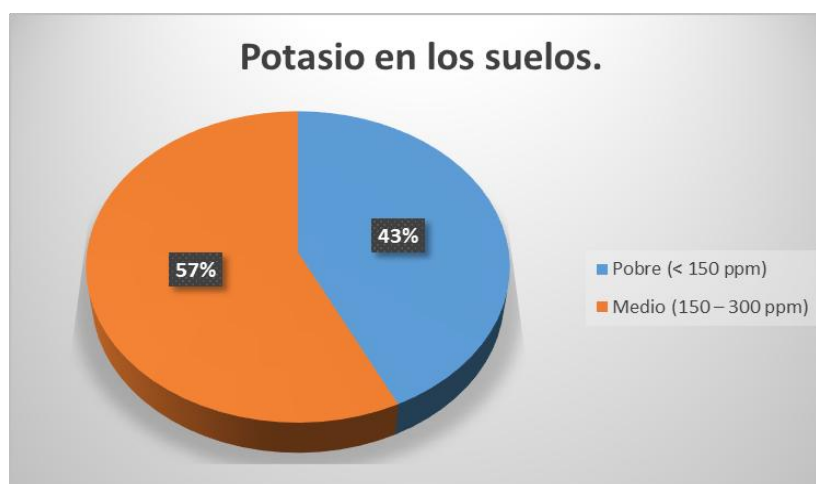


Tabla 32

Análisis del potasio en la zona media.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Pobre (< 150 ppm)	5	41.67%	41.67%
Medio (150 – 300 ppm)	7	58.33%	58.33%
Total	12	100%	100%

Distribución del nutriente potasio en la zona media.

La interpretación del cuadro de las muestras en análisis de acuerdo con Barrantes (1992) se observa que el 58% presentan un nivel medio de potasio, mientras que el 42% de las muestras restantes corresponden al nivel pobre, esto indica que en el sector medio los niveles de potasio se encuentran en cantidades moderadas, aunque con una consideración considerable que 'podría limitar los cultivos.

La estadística con una media de 149.6 ppm, cercana al límite inferior del nivel medio (150 ppm), muestran que el contenido de potasio en el sector medio está limitado dentro del rango pobre a medio. Por otra parte, la mediana con 152 ppm indica que más del 50% de las

muestras se encuentran dentro del nivel medio, la moda con 162 ppm confirma que los niveles de potasio se encuentran dentro del nivel medio, pero están cercanos al límite inferior de este rango. Valores inferiores a 150 ppm indicarían que en algunos sectores se presentarían una deficiente asimilación de este nutriente. Los datos indicados por la estadística sugieren que el contenido de potasio en los suelos puede satisfacer parcialmente lo requerimientos nutricionales de las plantas.

Figura 23

Porcentaje del nivel potasio en la zona media.

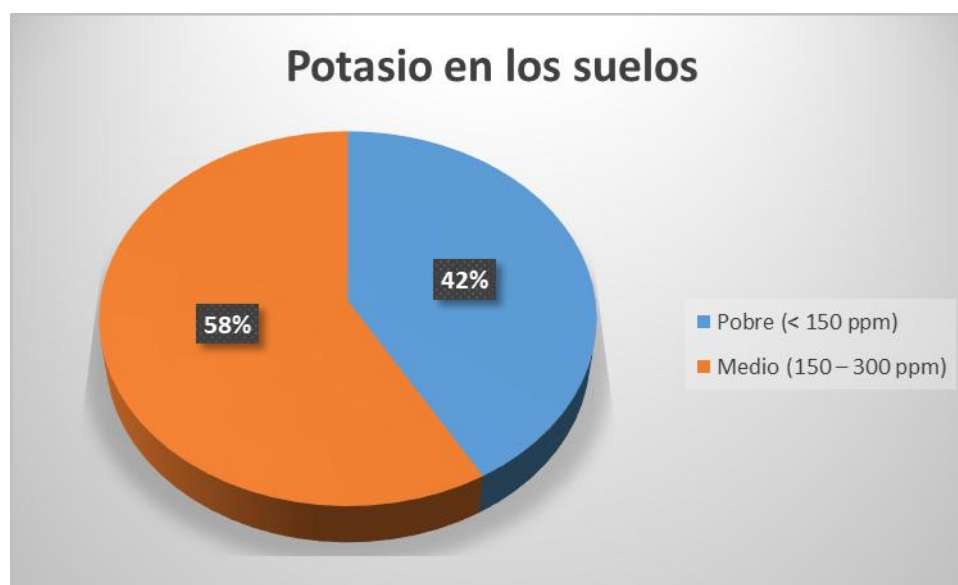


Tabla 33

Niveles de potasio en la zona alta.

Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Pobre (< 150 ppm)	5	71.43%	71.43%
Medio (150-300 ppm)	2	28.57%	28.57%
Total	7	100%	100%

Distribución del nutriente potasio en la zona baja.

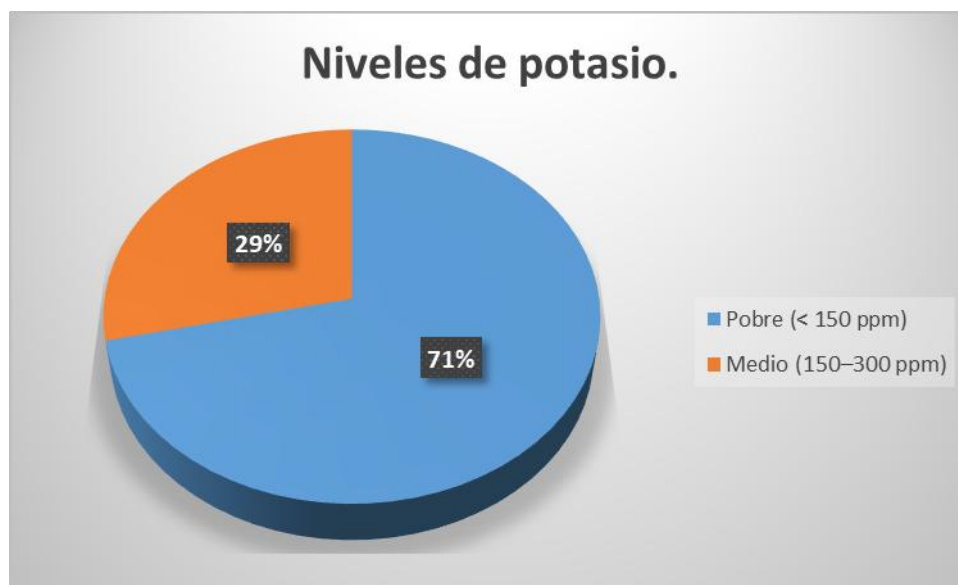
Los datos calificados de acuerdo con Barrantes (1992) indican que la mayor proporción de los suelos presentan un 71.4% clasificadas un nivel pobre de potasio, esto indica una limitada disponibilidad de este nutriente en los suelos, por otra parte, esto indica

una asimilación deficiente de este nutriente para las plantas limitando el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por otra parte, el 28.5% de las muestras corresponden al nivel medio, esto está asociado a una disponibilidad adecuada de este nutriente. El sector evaluado de acuerdo con el reporte del laboratorio presenta una condición del nutriente potasio predominantemente baja, esto podría afectar el rendimiento agrícola.

La estadística indica una media de 144.7 ppm ubicada dentro del nivel pobre de potasio, esto confirma una baja disponibilidad del nutriente en el suelo. La mediana (140 ppm) indica que el 50% de las muestras se concentran dentro de este nivel, la moda (138 ppm) confirma que los valores bajos son más frecuentes. Los resultados de las medidas de tendencia central evidencian que desde el punto de vista agrícola el potasio constituye una limitante nutricional importante.

Figura 24

Análisis del potasio en la zona alta.



6.1.7. Conductividad eléctrica de la zona en estudio.

Tabla 34

Análisis de la conductividad eléctrica de los suelos en estudio.

Clasificación de salinidad	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)
Suelo no salino (< 2.0 dS/m)	26	100%	100%
Total	26	100%	100%

Distribución de la salinidad en los suelos en estudio.

La calificación de las muestras con respecto a la salinidad de los suelos según Barrantes (1992) evidencia que los suelos en los tres sectores en su totalidad, se clasifican como suelos no salinos esto indica un efecto despreciable de la salinidad, esta condición característica de las zonas altoandinas se explica por factores propios de medio ambiente, como la alta precipitación que favorece el lavado de sales solubles, además la buena pendiente, el drenaje natural, estos factores limitan la acumulación de las sales en el perfil.

La interpretación agrícola de las medidas estadísticas presenta una media (0.22 dS/m) y la media (0.2 dS/m), evidencian que los valores de las medidas de tendencia están por debajo del umbral 2.0 dS/m, esto ratifica la condición de suelo no salino en la zona de estudio. Los valores no presentan moda indicando una distribución homogénea de valores bajos, sin la concentración de valores anómalos de contenidos de sales.

Figura 25

Nivel de salinidad en los suelos.



6.1.8. Calificación de la fertilidad de los suelos.

El IGAC (1995) propone evaluar la fertilidad del suelo considerando variables edafológicas fundamentales, tanto químicas como físicas. Entre las variables químicas destacan: pH, porcentaje de saturación de aluminio (% Al), capacidad de intercambio catiónico (CIC), saturación de bases (% SB), bases totales (BT), porcentaje de carbono orgánico (% CO), potasio intercambiable (K meq/100 g) y conductividad eléctrica (ds/m). En cuanto a las propiedades físicas, se consideran la textura del suelo y la profundidad del horizonte superficial. Estas variables permiten caracterizar integralmente la fertilidad de los suelos y su capacidad para suministrar nutrientes a las plantas.

Para el presente estudio se evaluaron 26 muestras de suelo considerando principalmente las siguientes variables: textura, pH, materia orgánica (M.O. %), nitrógeno total (N %), fósforo disponible (P ppm), potasio disponible (K ppm) y conductividad eléctrica (ds/m). La calificación se realizó siguiendo la metodología del IGAC (1995), adaptada por Ortega (1987) citado por Serrano y Vargas (2005) y Cantú (2007). Cada variable recibió un puntaje de 3 a 8 según su condición, y la suma de estos puntajes se multiplicó por el factor.

$K=0,425$, para transformar el resultado a una escala de 0-8, denominada Fertilidad total, aplicada únicamente a la capa superficial de 0-25 cm. Los puntajes finales permitieron clasificar la fertilidad en categorías de muy alta, alta, moderada, baja y muy baja, facilitando

la interpretación de la capacidad nutritiva del suelo en los primeros centímetros (IGAC 1995).

$$\text{Fertilidad Total} = \Sigma \text{ de puntajes} \times K \dots\dots (1)$$

Donde $K = 17/40 = 0.425$, indicando que 8 es el puntaje máximo obtenido de las sumatoria. es decir, indican las condiciones óptimas de cada una de las variables edafológicas. Para la obtención del factor de estudio de acuerdo con el estudio realizado se utilizó 6 parámetros. para calificar el nivel de la fertilidad de los suelos se muestran en la tabla 35 según el (IGAC 1995).

Cuadro para calificar la fertilidad de los suelos de la comunidad campesina de Ocros. El cuadro presenta la clasificación y puntaje de variables edafológicas utilizadas para evaluar la fertilidad del suelo. Cada variable se categoriza según rangos de disponibilidad o calidad, y se asigna un puntaje correspondiente lo que permite cuantificar y comparar la contribución de cada factor al potencial productivo del suelo, la siguiente tabla usada por el IGAC presenta la calificación de las variables edafológicas de acuerdo con el nivel de su contenido dentro del suelo:

Tabla 35

Clasificación para la puntuación de variables edafológicas, IGAC (1995).

Variable edafológica	Niveles	Interpretación	Puntaje
Potencial Hidrógeno (pH)	< 4.0, > 9.1	Extremadamente ácido y alcalino	1
	4.1 – 5.0, 8.6 – 9.0	Fuertemente ácido y alcalino	2
	5.1 – 5.5, 7.9 – 8.5	Ácido y alcalino	3
	5.6 – 6.6, 7.4 – 7.8	Ligeramente ácido y alcalino	4
	6.0 – 7.3	Neutro	5
Saturación de ácido (SA, meq/100 g)	> 60	Muy alta	1
	60 – 30	Alta	2
	30 – 14	Moderada	3
	14 – 5	Baja	4
	< 5	Muy baja	5
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC, meq/100 g)	< 5	Muy baja	1
	5 – 10	Baja	2
	10 – 15	Moderada	3
	15 – 20	Alta	4
	> 20	Muy alta	5
Bases totales (BT, meq/100 g)	< 4	Muy baja	0.5
	4 – 8	Baja	1
	8 – 12	Moderada	1.5
	12 – 16	Alta	2
	> 16	Muy alta	2.5
Saturación de bases (SB, %)	< 10	Muy baja	0.5
	10 – 35	Baja	1
	35 – 50	Moderada	1.5
	50 – 70	Alta	2
	> 70	Muy alta	2.5
Materia Orgánica (MO, %)	< 2	Muy bajo	1
	2 – 4	Pobre	2
	4 – 8	Medio	3
	> 8	Rico	4
	< 7	Muy bajo	1
Fósforo disponible (P, ppm)	7 – 14	Pobre	2
	> 14	Medio	3
	< 150	Muy bajo	1
	150 – 300	Pobre/Medio	2 – 4
	> 300	Rico	5

La calificación final de cada muestra se realizó utilizando el cuadro de rangos de puntaje del IGAC (1995), empleando un rango de puntaje como indica la tabla 35, que clasifica la fertilidad en cinco niveles: muy alta (> 8,41), alta (6,71–8,40), moderada (5,11–6,70), baja (3,61–5,10) y muy baja (< 3,60). Este procedimiento permitió asignar a cada muestra un nivel de fertilidad específico, facilitando la interpretación de la capacidad nutritiva del suelo en la capa superficial y la identificación de áreas con necesidades particulares de manejo o enmiendas (IGAC 1995; Moreno 2012; Ottos 2015).

Tabla 36

Niveles de fertilidad y rango de puntajes.

Nivel de fertilidad	Rango de puntaje
Muy alta	> 8.41
Alta	6.71 – 8.40
Moderada	5.1 – 6.70
Baja	3.61 – 5.10
Muy baja	< 3.60

Nota: Extraído de IGAC. IGAC (1995) citado por MORENO (2012), Cantu et. al (2007).

Después de procesar los datos de las 26 muestras de suelo de la Comunidad Campesina de Ocros, proporcionadas por el Laboratorio de Agua y Suelos de la UNASAM y siguiendo un método adaptado del IGAC, se puede decir que el suelo es bastante homogéneo en toda la zona. Por ejemplo, el pH promedio ronda en el valor de 5, la materia orgánica se encuentra entre 2 y 3 %, el nitrógeno y el fósforo están en niveles intermedios, y el potasio se mantiene bastante estable. Así que, en general, no hay cambios inesperados dentro del área en estudio.

Si sumamos los puntajes de cada muestra, el total máximo fue de 17. Al aplicar el factor de ajuste ($K = 0.425$), el puntaje final de fertilidad del suelo queda en 5.95, lo que nos ubica en un nivel moderado, ni bajo ni alto, pero suficiente para que los cultivos puedan desarrollarse bien siempre y cuando se haga un manejo adecuado.

La tabla 37, resume los resultados de forma clara cómo se presenta la fertilidad del sector en estudio de acuerdo con la metodología del IGAC.

Tabla 37*Calificación del nivel de fertilidad de los suelos en estudio.*

Muestra	pH	MO%	Nt%	P(ppm)	K(ppm)	Sumatoria.	K	Puntaje fertilidad	Nivel Fertilidad
M-1	5	1	2	3	1	12	0.425	5.1	Moderada.
M-2	5	1	2	3	1	12	0.425	5.1	Moderada.
M-3	5	1	2	3	3	14	0.425	5.95	Moderada.
M-4	5	1	2	3	1	12	0.425	5.1	Moderada.
M-5	5	1	2	3	3	14	0.425	5.95	Moderada.
M-6	5	1	2	3	3	14	0.425	5.95	Moderada.
M-7	5	2	2	3	3	15	0.425	6.37	Moderada.
M-8	5	2	2	3	1	13	0.425	5.52	Moderada.
M-9	5	1	2	3	1	12	0.425	5.1	Moderada.
M-10	5	2	2	3	3	15	0.425	6.37	Moderada.
M-11	5	2	2	3	1	13	0.425	5.52	Moderada.
M-12	5	1	2	3	1	12	0.425	5.1	Moderada.
M-13	5	1	2	3	3	14	0.425	5.9	Moderada.
M-14	5	2	2	3	1	13	0.425	5.52	Moderada.
M-15	5	2	2	3	3	15	0.425	6.37	Moderada.
M-16	5	2	2	3	3	15	0.425	6.37	Moderada.
M-17	5	2	2	3	3	15	0.425	6.37	Moderada.
M-18	5	2	2	3	3	15	0.425	6.37	Moderada.
M-19	5	2	2	3	3	15	0.425	6.37	Moderada.
M-20	5	2	3	3	3	16	0.425	6.8	Moderada.
M-21	5	2	2	5	3	17	0.425	7.22	Moderada.
M-22	5	2	2	2	3	14	0.425	5.95	Moderada.
M-23	5	2	2	2	1	12	0.425	5.1	Moderada.
M-24	5	2	2	2	1	12	0.425	5.1	Moderada.
M-25	5	3	2	2	1	13	0.425	5.52	Moderada.
M-26	5	2	2	2	1	12	0.425	5.1	Moderada.

6.2. Discusión.

Finalmente, la calificación integral de la fertilidad de los suelos mediante la metodología del IGAC indicó que la mayoría de las muestras se encuentran en un nivel moderado. De acuerdo con el marco conceptual de Brady y Weil (2016), la fertilidad del suelo depende de la interacción entre propiedades químicas (nutrientes disponibles, pH), físicas (estructura, humedad disponible) y biológicas (actividad microbiana y radicular). Aunque los autores no definen una categoría denominada “fertilidad media”, la presencia de valores intermedios en estos parámetros puede interpretarse como un nivel moderado de fertilidad. Los resultados obtenidos en este trabajo, por ejemplo, el contenido de materia orgánica, la disponibilidad de fósforo y potasio, se ubican en rangos considerados medios en las tablas de disponibilidad discutidas por dichos autores. Por lo tanto, los suelos analizados pueden caracterizarse como de fertilidad moderada en sentido interpretativo. Esta información proporciona una base sólida para la elaboración de mapas de fertilidad que orienten decisiones de manejo agrícola sectorizado.

En cuanto a las propiedades físicas, los resultados muestran que en los tres sectores predomina la textura Franco, con proporciones menores de Franco arcilloso y Franco arenoso. Este patrón indica un suelo equilibrado, con buena capacidad de retención de agua y drenaje adecuado, características que favorecen su manejo agrícola. La coincidencia entre la moda y la mediana refuerza la representatividad de esta textura en el área de estudio. De acuerdo con la FAO (s.f.), los suelos con texturas equilibradas, como los francos, presentan un comportamiento físico óptimo para la disponibilidad de agua y nutrientes, lo que confirma que las condiciones observadas en Ocos son adecuadas para la planificación de prácticas agrícolas sostenibles.

El análisis químico indica que los suelos presentan limitaciones en nitrógeno y materia orgánica, condición típica de los ambientes altoandinos, mientras que el fósforo disponible se mantiene en niveles medios a ricos y el potasio en rangos pobres a medios, con disponibilidad generalmente adecuada. La conductividad eléctrica confirma suelos no salinos, sin restricciones para los cultivos, y el pH moderadamente ácido a neutro favorece la disponibilidad de nutrientes. Estos resultados concuerdan con Brady y Weil (2017) respecto a la influencia positiva del pH ligeramente ácido y niveles medios de potasio sobre la fertilidad del suelo, y difieren parcialmente de lo reportado en otros suelos andinos más

heterogéneos, sugiriendo una condición química relativamente homogénea asociada a un manejo agrícola poco intensivo.

La delimitación y reconocimiento del área de estudio permitió identificar tres niveles topográficos —bajo, medio y alto— dentro de la Comunidad Campesina de Ocros, lo que facilitó un muestreo representativo y permitió observar la variabilidad de la fertilidad en función de la altitud. Para reducir la variabilidad del área, se consideró dentro de las 80 ha en estudio, áreas con pendientes menores al 35 % con unidades de muestreo de 5 ha. Barreto (2013) señala que el área depende de la topografía y de los usos agrícolas; si el área es lo suficientemente uniforme, una sola muestra puede representar 5 ha o más, mientras que, en caso de haber mucha variación, una muestra puede representar a una hectárea o más, siendo esto relativo. Esta referencia permitió definir un criterio práctico para la selección de unidades de muestreo dentro del presente estudio.

VII. CONCLUSIONES

El reconocimiento y delimitación del área de estudio permitió establecer los sectores bajo, medio y alto, asegurando que el muestreo fuese representativo y reflejara las variaciones topográficas y edafológicas presentes en la comunidad. Esto garantiza que los resultados obtenidos sean confiables para la evaluación de la fertilidad de los suelos.

El análisis físico-químico reveló que los suelos presentan niveles altos de nitrógeno y fósforo, potasio medio y un pH ligeramente ácido, condiciones favorables para la mayoría de los cultivos. La conductividad eléctrica normal indica que la salinidad no representa un factor limitante, asegurando un entorno estable para el desarrollo vegetal.

La calificación de la fertilidad mostró que los suelos de la zona son predominantemente moderados, con algunas muestras alcanzando un nivel alto. Esto sugiere que, aunque el suelo es adecuado para la agricultura, se requiere un manejo adecuado de nutrientes, especialmente en áreas con ligera deficiencia de potasio, para mantener y mejorar la productividad a largo plazo.

La combinación de suelos equilibrados con predominio de texturas francas, franco arenosas y franco arcillosas, pH adecuado, buena cantidad de materia orgánica, disponibilidad de nutrientes esenciales y suelos no salinos indica que la zona de Ocos posee un potencial agrícola favorable. Estos suelos equilibrados permiten un buen balance entre retención de agua, drenaje y desarrollo radicular, mientras que al ser no salinos, los nutrientes permanecen disponibles para los cultivos sin efectos adversos por acumulación de sales.

Los mapas de fertilidad elaborados con ArcGIS permiten identificar áreas con distinta disponibilidad de nutrientes, facilitando la planificación de estrategias diferenciadas según las características específicas de cada sector. Finalmente, los resultados obtenidos permiten la elaboración de un mapa de fertilidad que muestra la distribución espacial de los nutrientes en los diferentes sectores de la comunidad. Este instrumento constituye una herramienta clave para la planificación agrícola estratégica, optimizando la aplicación de insumos y promoviendo una agricultura más sostenible en la región.

VIII. RECOMENDACIONES

Para mejorar la fertilidad de los suelos de la comunidad de Ocros, lo que se recomienda es incrementar materia orgánica, usando abonos verdes, compost, estiércol o hasta los restos de la cosecha. Esto no solo ayuda a que el suelo retenga mejor agua y nutrientes, sino que también mejora la estructura del suelo, permite el incremento de los microorganismos del suelo se podría indicar que trabajen mejor, creando un ambiente más propicio para los cultivos y pensando en la sostenibilidad a largo plazo. Por otra parte, usando la metodología integral del IGAC, se pudo observar de manera ordenada varios factores del suelo, tanto químicas como físicas, entonces te da un panorama completo de lo que puede proporcionar el suelo. Además, no solo sirve para ver la fortaleza o debilidad del suelo, sino que también termina siendo como una guía para planear la agricultura: te indica como decidir mejor qué usar, cuándo y cómo, y de paso cuidar los recursos naturales de Ocros. Al final, es como juntar ciencia con sentido práctico, pero sacándole provecho a toda la información para que todo funcione mejor.

También es clave realizar un trabajo conjunto con la fertilización, pero, de forma balanceada y dirigida a los sectores con deficiencia de nutrientes. Por ejemplo, hay que darle más fósforo o potasio solo a los lugares donde estos nutrientes son mínimos. Y realizando, análisis del suelo de manera frecuente, con esto se puede ir ajustando las dosis de los nutrientes, que siempre deben estar disponibles para las plantas. Entonces, en pocas palabras, se trata de tomar toda la información que proporciona la metodología del IGAC y usarla en la práctica, aprovechando al máximo el potencial del suelo, y asegurando que cada recurso funcione a favor de los cultivos.

Igual, conviene proponer técnicas para cuidar el suelo, como ir rotando los cultivos, usar siembra directa, mantener siempre algo de cobertura vegetal y, en las partes inclinadas, hacer terrazas. Todo eso ayuda a que la humedad se quede en el suelo, reduce la erosión y mantiene el suelo firme, tanto en lo físico como en lo químico. Entonces, en resumen, son prácticas que permiten manejar los recursos naturales de manera más sostenible y que, además, hacen que todo funcione de manera interrelacionada como un todo.

Finalmente, lo que no puede faltar es estar pendientes del suelo, revisando la fertilidad periódicamente y, de paso, recomendando a los agricultores por qué es importante manejarlo todo de manera integral. Así se pueden detectar rápido los cambios en las

propiedades químicas y físicas, tomar medidas antes de que la productividad se vea afectada y, además, fortalecer el conocimiento local sobre prácticas sostenibles. En pocas palabras, es como asegurarse de que los recursos se usen bien y que el suelo siga produciendo de forma sostenible.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abc, (2024). Nutrientes del suelo: qué son y para qué sirven. Recuperado de: [Nutrientes del suelo: qué son y para qué sirven - Artículos - ABC Color.](#)
- Abc. (2024). Fertilidad del suelo. Portal ABC Agrícola. Recuperado de: [Nutrientes del suelo: qué son y para qué sirven - Artículos - ABC Color.](#)
- Ardiles Villanueva, R. C. (2019). Diagnóstico de la fertilidad de los suelos con fines agrícolas de la comunidad de Pampacancha, distrito y provincia de Recuay – Ancash (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Azabache, A. (2003). Manual de edafología aplicada. Editorial Agraria del Perú.
- Barreto, J. (2001). Fundamentos de edafología: propiedades y clasificación de los suelos. Fondo Editorial Agrícola.
- Barreto Rodríguez, J. F., & Barra Zegarra, R. T. (2013). *Manual práctico de análisis de suelos, aguas y plantas*. Editorial Línea.
- Barreto, R., & Huaytalla, L. (2011). Variabilidad de suelos fluvisoles en el Callejón de Huaylas (Áncash, Perú). *Revista de Suelos y Agroecosistemas*, 5(2), 45–60.
- Barrantes, S. F. (1992). Interpretación de análisis de suelos, foliar y agua de riego, consejo de abonado. Madrid: Mundo - Prensa.
- Bazán, L. (2017). Evaluación de la fertilidad del suelo en sistemas agrícolas de la sierra central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Ciampitti, I. A., & García, F. (2007). Nitrogen in crop production: Key roles and management strategies. *Journal of Plant Nutrition*, 30(6), 1007–1020.
- CIMMYT. (2019). Diagnóstico de la fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola sostenibles. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://www.cimmyt.org>
- CSR Laboratorio. (s. f.). Determinación de propiedades físicas del suelo. Manual técnico.

- Distrito.pe. (s. f.). Ocos, distrito de Ocos – Áncash. Recuperado de <https://www.distrito.pe/distrito-ocros.html>.
- El-Seedy, M. E., El-Hamdi, K. H., El-Harty, H. M., & Saeed, M. A. (2023). Soil fertility assessment using GIS. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 14(8), 217–222. <https://doi.org/10.21608/jssae.2023.175968.1176>
- FAO. (2022). *Evaluación y manejo sostenible de la fertilidad de los suelos agrícolas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- Geering, J., & Hwat Bing, L. (2024). *Propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas: una guía para análisis de laboratorio*. Instituto Internacional de Edafología.
- Gomez Castillo, A. J. (2018). *Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la comunidad campesina Tres de Octubre – Zanja, distrito de Yungar – Carhuaz – Ancash* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Gobierno Regional de Áncash. (2016-2021). *Plan de Desarrollo Regional Concertado (PDRC) 2016-2021*. Recuperado de https://www.regionancash.gob.pe/instrumentos_gestion/pdrc/pdrc_completo.pdf.
- Hartati, R., Wibowo, A., & Prasetyo, E. (2023). Soil fertility and management in tropical agroecosystems. *Journal of Soil Science*, 18(2), 45–60.
- Hartati, T. M., Sunarminto, B. H., Hidayah Utami, S. N., Purwanto, B. H., & Nurudin, M. (2023). Distribution of soil morphology and physicochemical properties to assess the evaluation of soil fertility status in North Galela, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 10(3), 2559–2570. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2023.103.2559>
- Hillel, D. (2008). *Soil in the environment: Crucible of terrestrial life* (2nd ed.). Academic Press.
- Huerta, H. (2010). *Principios de fertilidad de suelos y nutrición vegetal*. Editorial Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Instituto Geofísico del Perú. (2025). Diagnóstico de la erosión hídrica de los suelos, identificación de fuentes, producción y transporte de sedimentos del distrito de Lircay – Huancavelica. Repositorio Geofísico Nacional.
- Isost. (2023). Guía de fertilidad del suelo y manejo agronómico sostenible. Instituto de Sostenibilidad de los Suelos Tropicales.
- Jenny, H. (1941). Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. McGraw-Hill.
- Jordán López, A. (2005). Edafología: el suelo y la tierra cultivable. Universidad de Sevilla.
- Jordán López, A. (2009/2010). Edafología. Universidad de Sevilla. https://ens9004-inf.d.mendoza.edu.ar/sitio/geologia-goemorfologia/upload/04-JORDAN_LOPEZ.pdf
- Kome, G. K., Enang, R. K., Ewane, M. E., & Yerima, B. P. K. (2019). Soil fertility: Definition, components and management. Open Journal of Soil Science, 9(9), 155–188. <https://doi.org/10.4236/ojss.2019.99010>
- López, C., Pérez, A., & Ramírez, D. (2005). Manual de análisis de suelos agrícolas. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mejía Albino, E. C. (2023). Diagnóstico de la fertilidad de los suelos del sector Lucma, de la comunidad campesina Tupac Yupanqui- en Taricá- Huaraz- Ancash (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Mendoza, J. (2019). Propiedades químicas y fertilidad del suelo agrícola en zonas altoandinas del Perú. Universidad Nacional del Altiplano.
- Mendoza Sánchez, E. T. (2017). Evaluación del índice de disponibilidad de elementos nutritivos a diferentes niveles de altitud en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, departamento de Ancash (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [Midagri]. (2022). Manual de fertilidad y manejo de suelos agrícolas del Perú. Lima, Perú: Autor. <https://repositorio.midagri.gob.pe/>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). *Propiedades físicas del suelo*. FAO Soil Portal. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Pereira Morales, M. (2011). Manual de diagnóstico y manejo de la fertilidad del suelo. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Poudel, B., Paudel, S., & Thapa, R. (2023). Altitude effects on soil organic matter and nutrient dynamics in mountain agriculture. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(4), 112.
- Poudel, S., Paudel, G., & Thapa, B. (2023). Spatial variability of soil fertility in mountain agricultural landscapes of Nepal using geostatistical methods. *Land*, 12(4), 860. <https://doi.org/10.3390/land12040860>
- Romero, A. (2008). Principios de edafología: estructura y dinámica del suelo. Universidad Nacional de Trujillo.
- Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J., & Tandon, H. L. S. (2006). Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management (FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 16). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/a0443e/a0443e.pdf>
- Sánchez, P. A. (2019). Soil fertility. In *Properties and management of soils in the tropics* (pp. 307–430). Cambridge University Press.
- Sánchez, P. A. (2021). *Sistemas de manejo sostenible de la fertilidad del suelo*. Editorial Agrícola.
- Sifuentes Maguiña, R. P. (2020). *Diagnóstico de la fertilidad de los suelos agrícolas del distrito de Pueblo Libre, Huaylas – Ancash* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Stivers, R. (2023). Soil fertility and management in sustainable agriculture. *Soil Science International*.
- Saavedra López, G. (2016). Evaluación de la fertilidad de los suelos del distrito de Chacas con fines agrícolas, Asunción, Ancash (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Vásquez Culqui, E. (2022). Disponibilidad y dinámica del potasio en suelos andinos. Revista Andina de Ciencias del Suelo, 8(1), 33–48. de Cajamarca. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7838>

Weil, R. R., & Brady, N. C. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson Education. https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition

X. ANEXOS

10.1. Cuadros para clasificación de las muestras de suelo.

Tabla 38

Datos del análisis de laboratorio.

MUESTRA N°	TEXTURA (%)			CLASE TEXTURAL	Ph	M.O %	Nt %	P ppm	K ppm	C.E ds/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
M-1	46	34	20	Franco	6.42	1.846	0.092	21	136	0.151
M-2	36	36	28	Franco arcilloso	6.53	1.762	0.088	26	128	0.139
M-3	40	38	22	Franco	6.73	1.958	0.098	21	152	0.13
M-4	38	36	26	Franco	6.57	1.836	0.092	16	140	0.127
M-5	50	36	14	Franco	7.07	1.91	0.096	21	158	0.148
M-6	36	34	30	Franco arcilloso	6.99	1.874	0.094	27	160	0.14
M-7	60	30	10	Franco arenoso	6.48	2.116	0.106	17	162	0.238
M-8	45	35	20	Franco	6.5	2	0.1	20	145	0.18
M-9	52	32	16	Franco	6.41	1.948	0.097	18	142	0.211
M-10	60	28	12	Franco arenoso	6.58	2.142	0.107	18	158	0.242
M-11	51	33	16	Franco	6.17	2.252	0.113	26	138	0.37
M-12	60	28	12	Franco arenoso	6.4	1.916	0.096	25	141	0.204
M-13	41	39	20	Franco	7.04	1.91	0.096	28	156	0.351
M-14	53	35	12	Franco arenoso	6.14	2.11	0.106	19	132	0.413
M-15	45	35	20	Franco	6.37	2.116	0.106	26	150	0.419
M-16	60	28	12	Franco arenoso	6.5	2.09	0.105	26	162	0.197
M-17	49	35	16	Franco	6.21	2.154	0.108	17	154	0.378
M-18	60	30	10	Franco arenoso	6.53	2.236	0.112	21	162	0.138
M-19	55	29	16	Franco arenoso	6.43	2.136	0.107	26	155	0.194
M-20	57	37	6	Franco arenoso	6.1	2.418	0.121	17	153	0.239
M-21	48	36	16	Franco	6.35	2.08	0.108	22	148	0.185
M-22	41	47	12	Franco	6.13	2.374	0.119	9	164	0.149
M-23	57	33	10	Franco arenoso	6.1	2.43	0.122	9	138	0.157
M-24	47	41	12	Franco	6.16	2.274	0.114	14	140	0.236
M-25	59	33	8	Franco arenoso	6.06	3.224	0.161	13	132	0.106
M-26	39	43	18	Franco	6.2	2.284	0.114	14	138	0.155

Tabla 39*Rangos para la clasificación textural de los suelos.*

Rango de clasificación textural	Símbolo	Descripción	Textura
Gruesa	G	Arena (A)	Arena
		Arena franca (AF)	Arena franca
Moderadamente Gruesa	MG	Franco arenosa (FA)	Franco arenosa
Media	M	Franca (F)	Franca
		Franca limosa (FL)	Franca limosa
Limo	L	Limo (L)	Limo
Moderadamente Fina	MF	Franco arcillosa (FAr)	Franco arcillosa
		Franco arcillo arenosa (FArA)	Franco arcillo arenosa
Fina	F	Franco arcillo limosa (FArL)	Franco arcillo limosa
		Arcillo arenosa (ArA)	Arcillo arenosa
		Arcillo limosa (ArL)	Arcillo limosa
		Arcilla (Ar)	Arcilla

Nota: Extraído de Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Decreto Supremo N° 005-2022-MIDAGRI.

Tabla 40*Rangos para evaluar el pH de los suelos.*

Rango de pH	Clasificación
3.0 – 4.0	Extremadamente ácido
4.1 – 5.0	Fuertemente ácido
5.1 – 5.5	Ácido
5.6 – 6.6	Ligeramente ácido
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 – 8.5	Alcalino
8.6 – 9.0	Fuertemente alcalino
9.1 – 10.0	Extremadamente alcalino

Nota: Extraído de Barrantes (1992).**Tabla 41***Rangos para determinar el nivel de MO en los suelos.*

Nivel	MO %
Pobre	< 2
Medio	2 – 4
Rico	4 – 8
Muy rico	> 8

Nota: Extraído de Barrantes (1992).**Tabla 42***Clasificación del nivel de nitrógeno en los suelos.*

Nivel	NT %	Efectos / Interpretación
Pobre	< 0.10	Suelo muy pobre, deficiencia para el crecimiento vegetal.
Medio	0.11 – 0.20	Suelo pobre, puede limitar el rendimiento de cultivos.
Rico	0.21 – 0.40	Suelo con disponibilidad moderada de N.
Muy rico	> 0.40	Suelo con buena disponibilidad de N para la mayoría de los cultivos.

Nota: Extraído de Barrantes (1992).

Tabla 43*Calificación del potasio en los suelos.*

Nivel	Potasio (ppm)	Efectos
Pobre	< 150	Deficiente asimilación de nutrientes.
Medio	150 – 300	Disponibilidad adecuada.
Rico	> 300	Buena disponibilidad de potasio.
Muy rico	—	

Nota: Extraído de Barrantes (1992).**Tabla 44***Nivel de salinidad en los suelos.*

C.E. (dS/m)	Clasificación de salinidad	Efectos
< 2.0	Suelo no salino (normal)	Efecto despreciable de la salinidad. No hay restricción para cultivos.
2.1 – 4.0	Ligeramente salino	Rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados.
4.1 – 8.0	Salino	Rendimientos de cultivos pueden verse afectados.
8.1 – 16.0	Fuertemente salino	Rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado.
> 16.0	Extremadamente salino	Solo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer.
> 1600	Muy fuertemente salino	Efectos tóxicos mínimos.

Nota: Extraído de Barrantes (1992).

10.2. Fotografías del proceso de extracción de muestra

Figura 26

Herramientas para la recolección de muestras de suelo.



Figura 27

Limpieza de la superficie para la toma de muestras.



Figura 28

Medida de la profundidad para la toma de muestras (20cm).



Figura 29

Recolección de las muestras de suelo.



Figura 30

Envasado y etiquetado de las muestras.



Figura 31

Vista panorámica de las tierras comunales.



10.3. Mapas del sector de estudio.

Figura 32

Ubicación geográfica de la investigación.

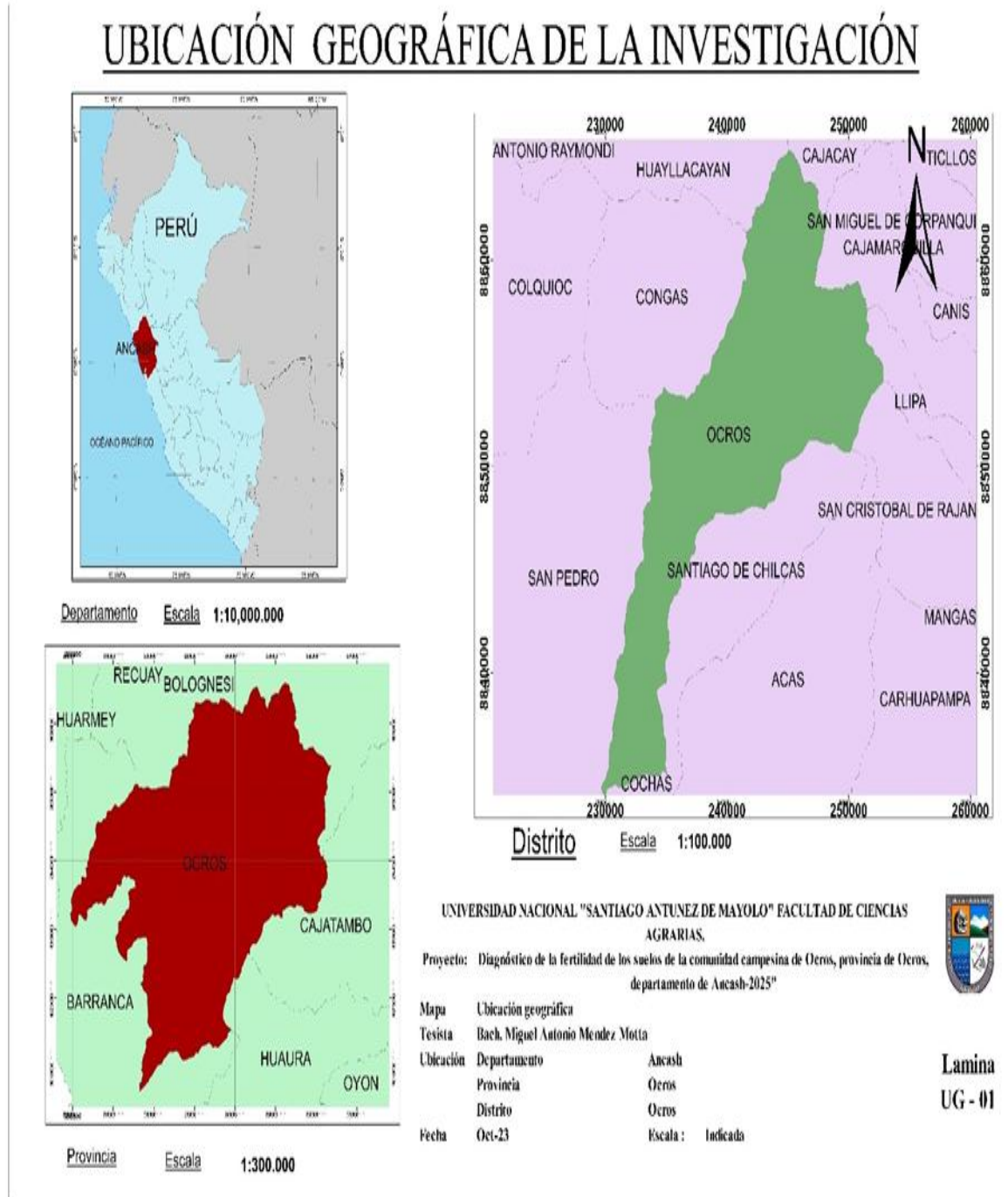


Figura 33

Área del estudio.

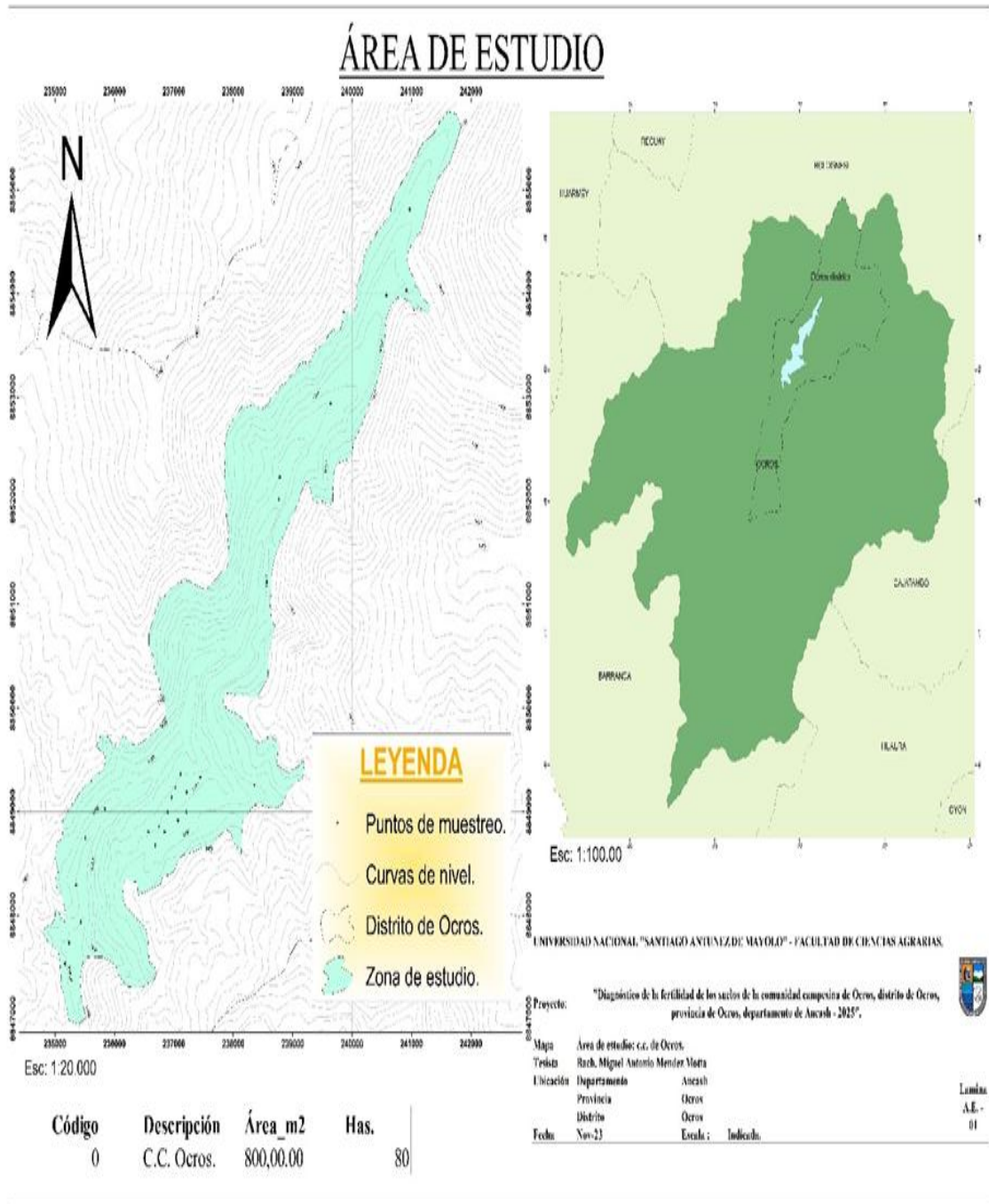


Figura 34

Puntos de muestreo.

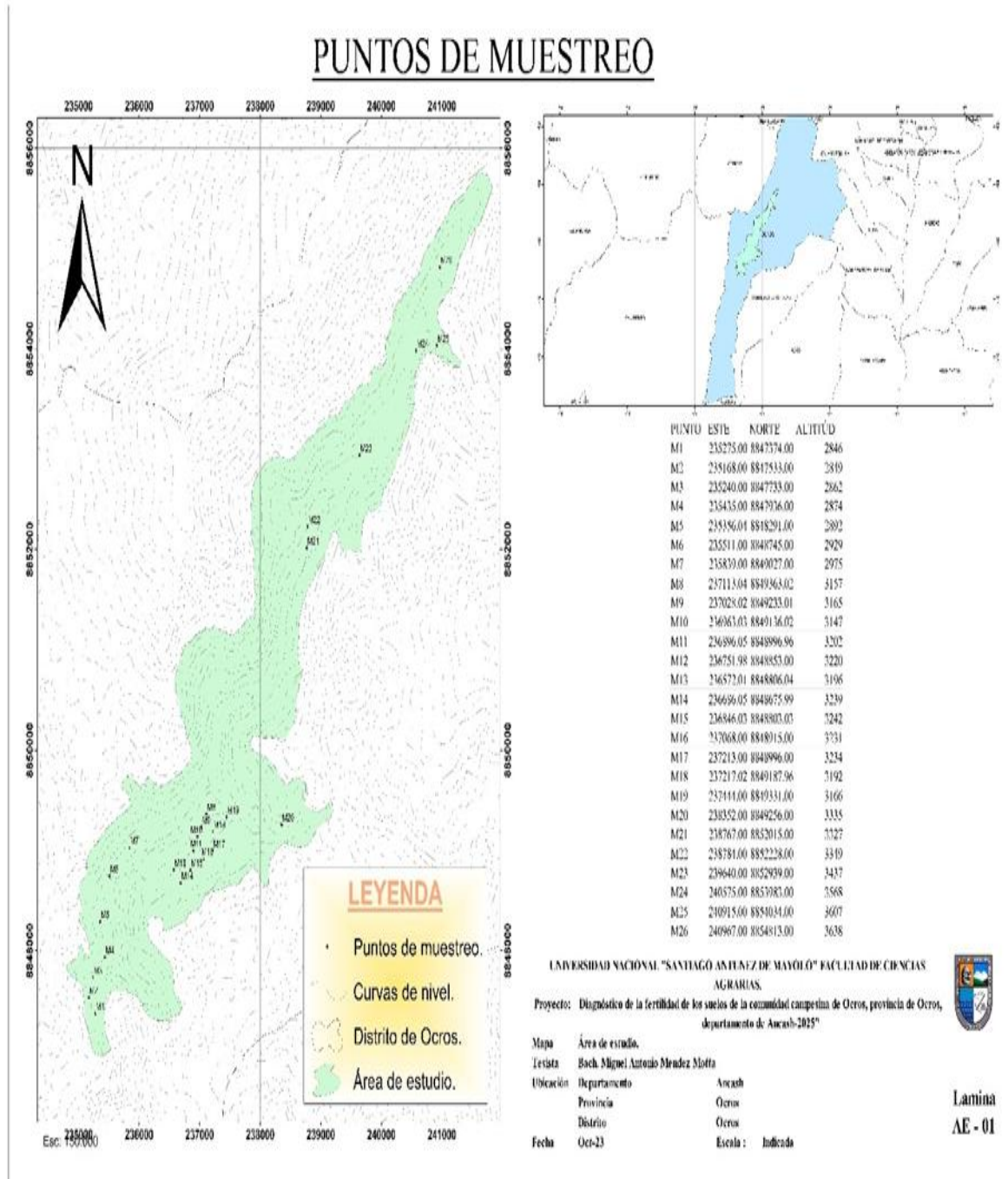


Figura 35

Clase textural del área en estudio.

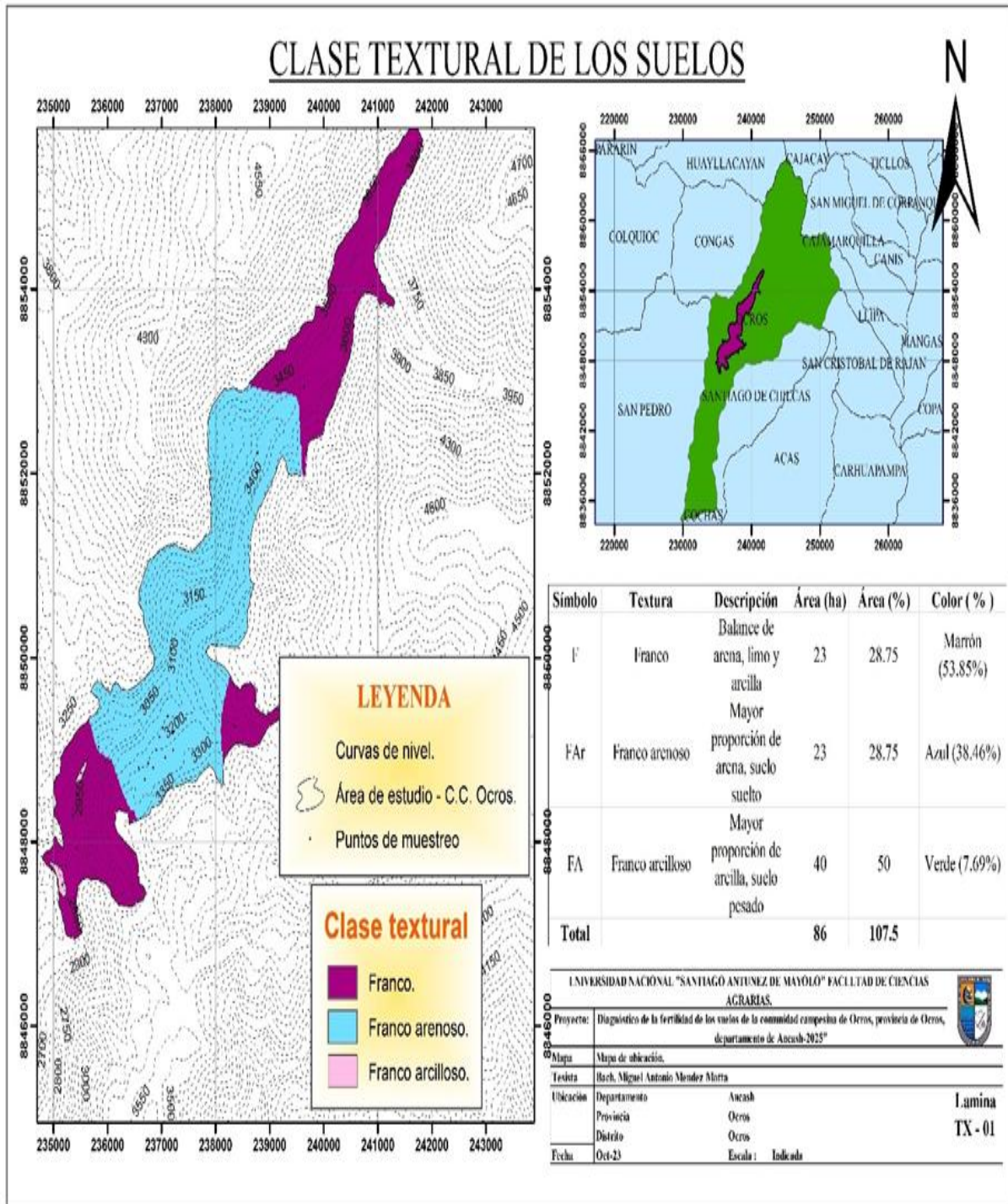


Figura 36

Nivel de pH del área en estudio.

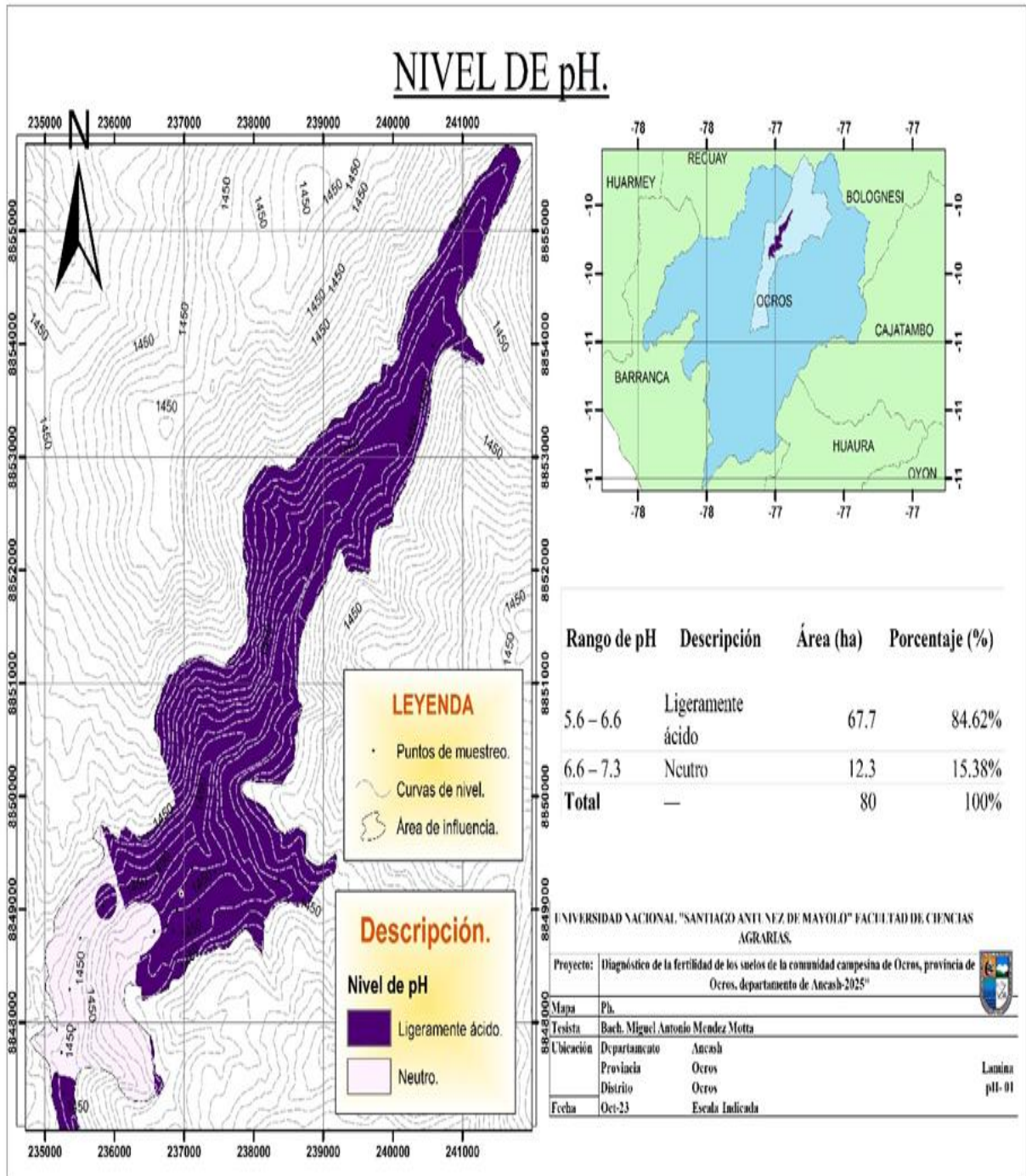


Figura 36

Nivel de materia orgánica del área en estudio.

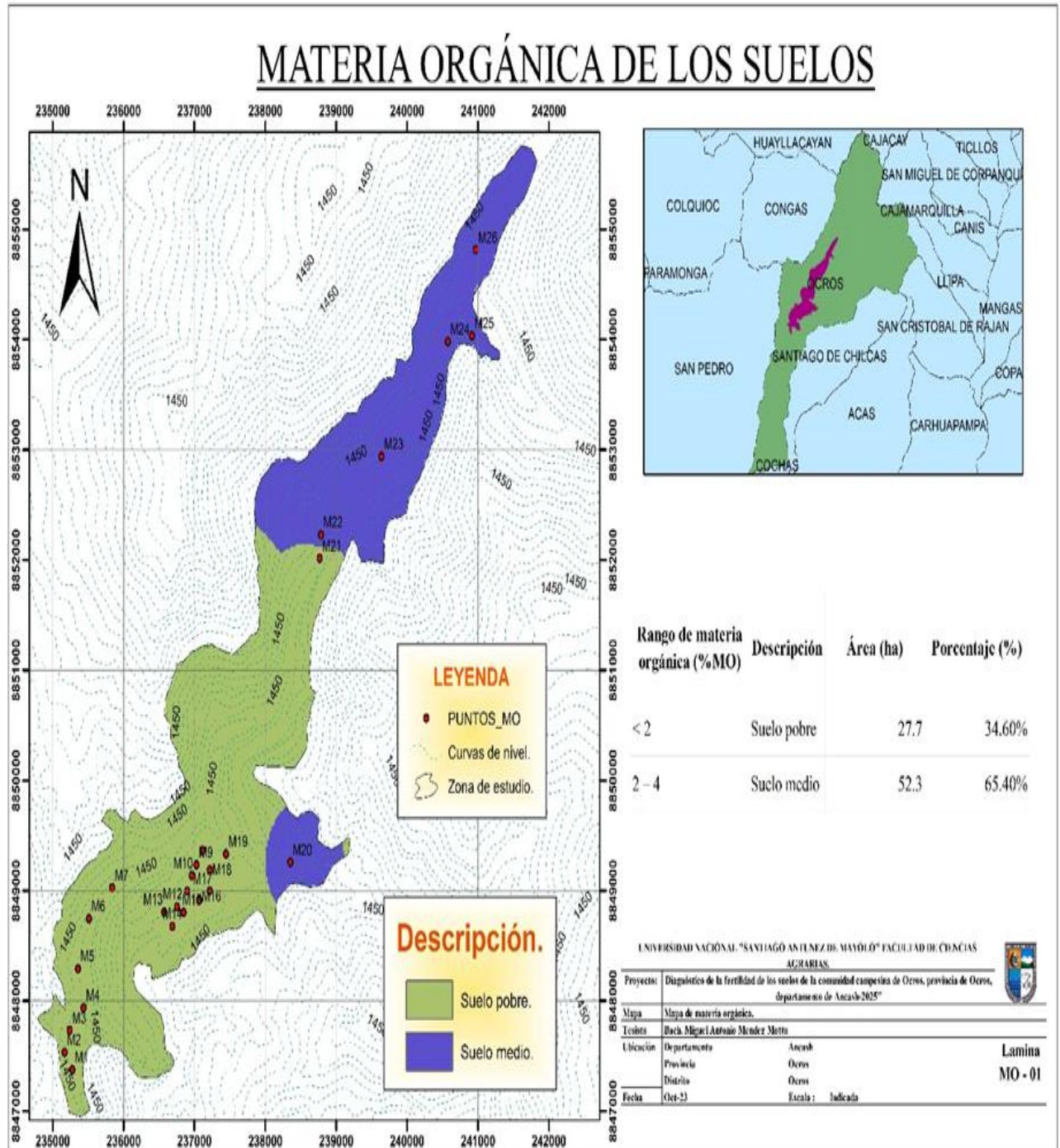


Figura 37

Nivel de nitrógeno en el área de estudio.

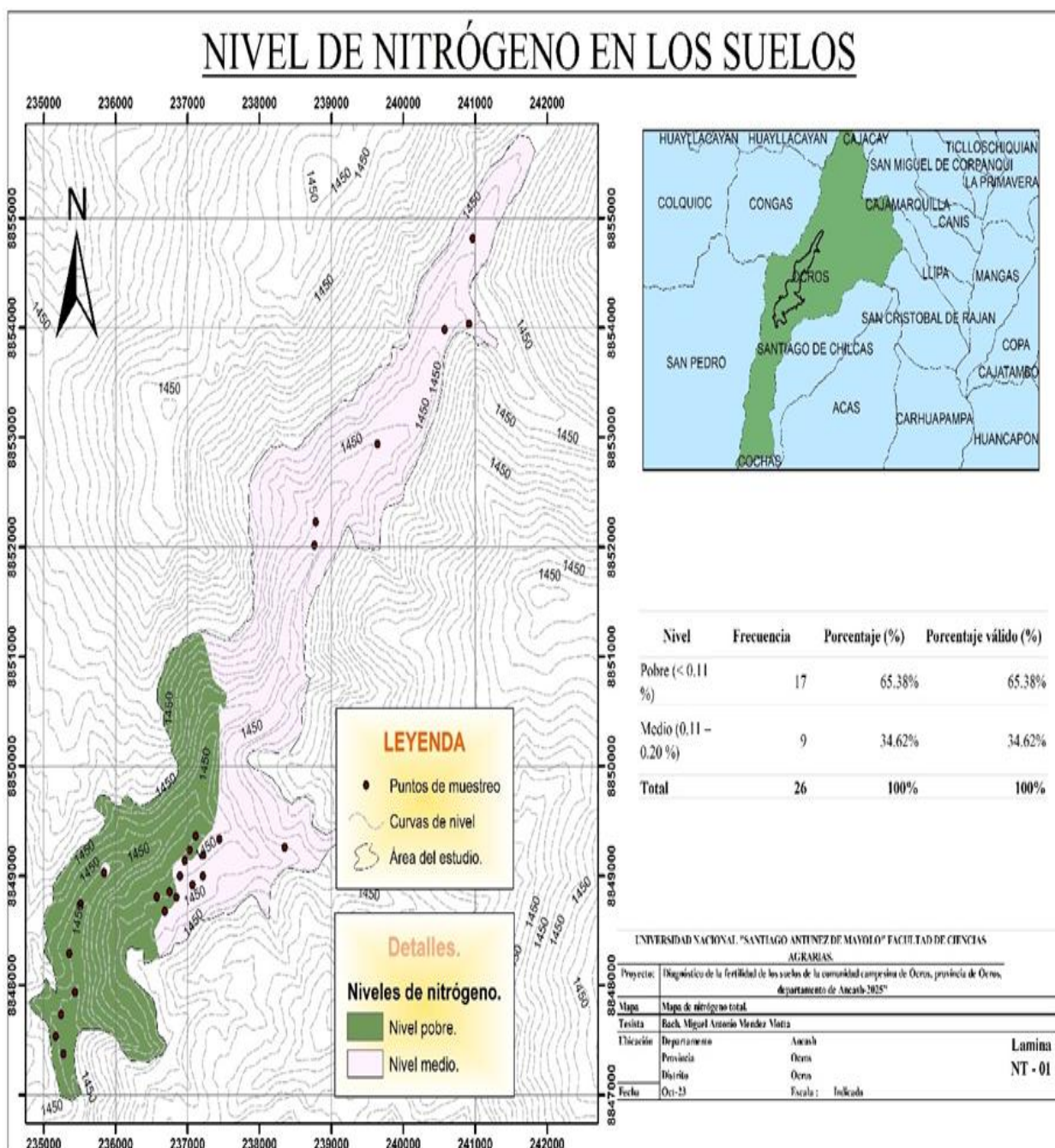


Figura 38

Nivel de fósforo en el área de estudio.

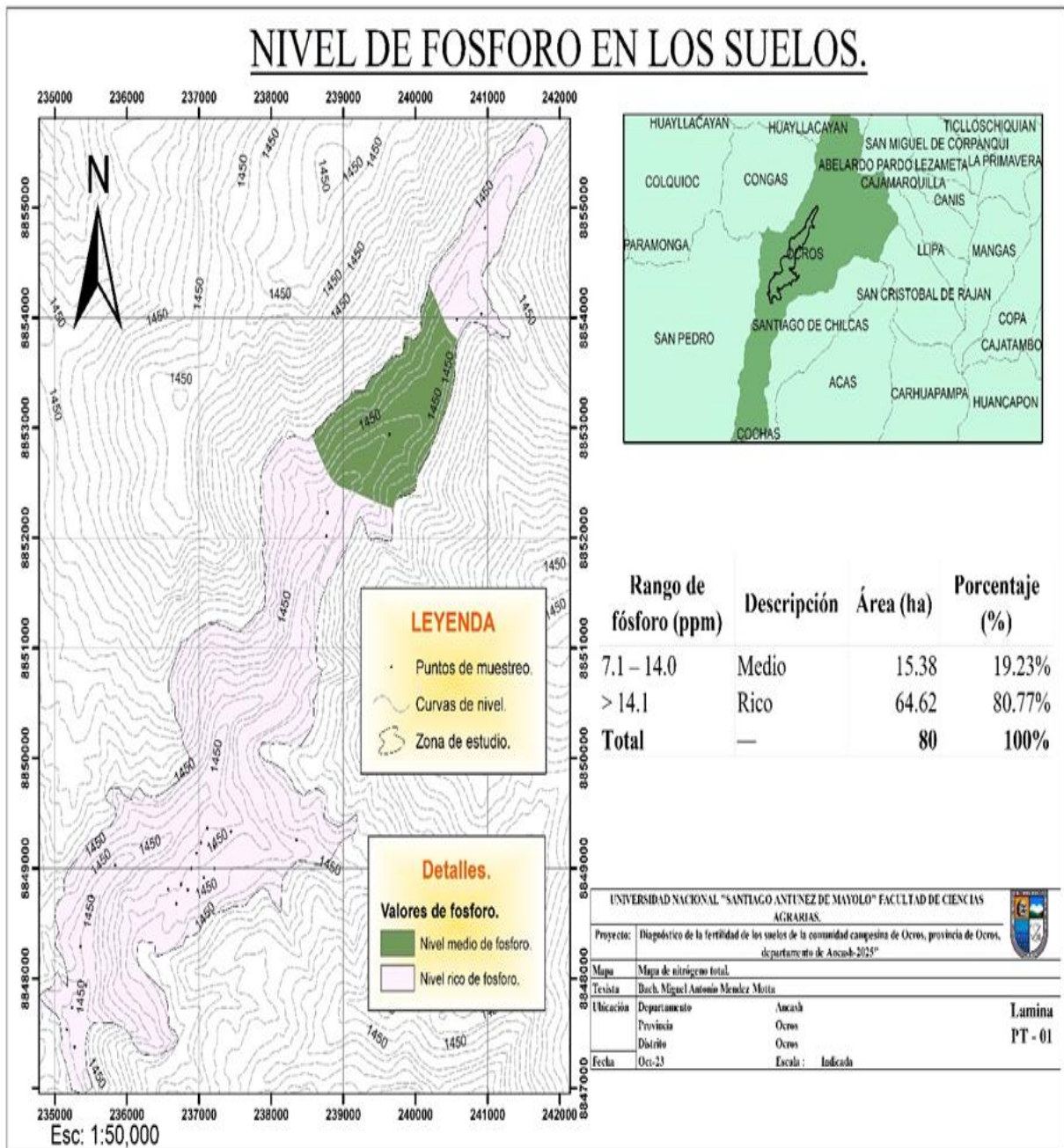


Figura 39

Nivel del potasio en el área de estudio.

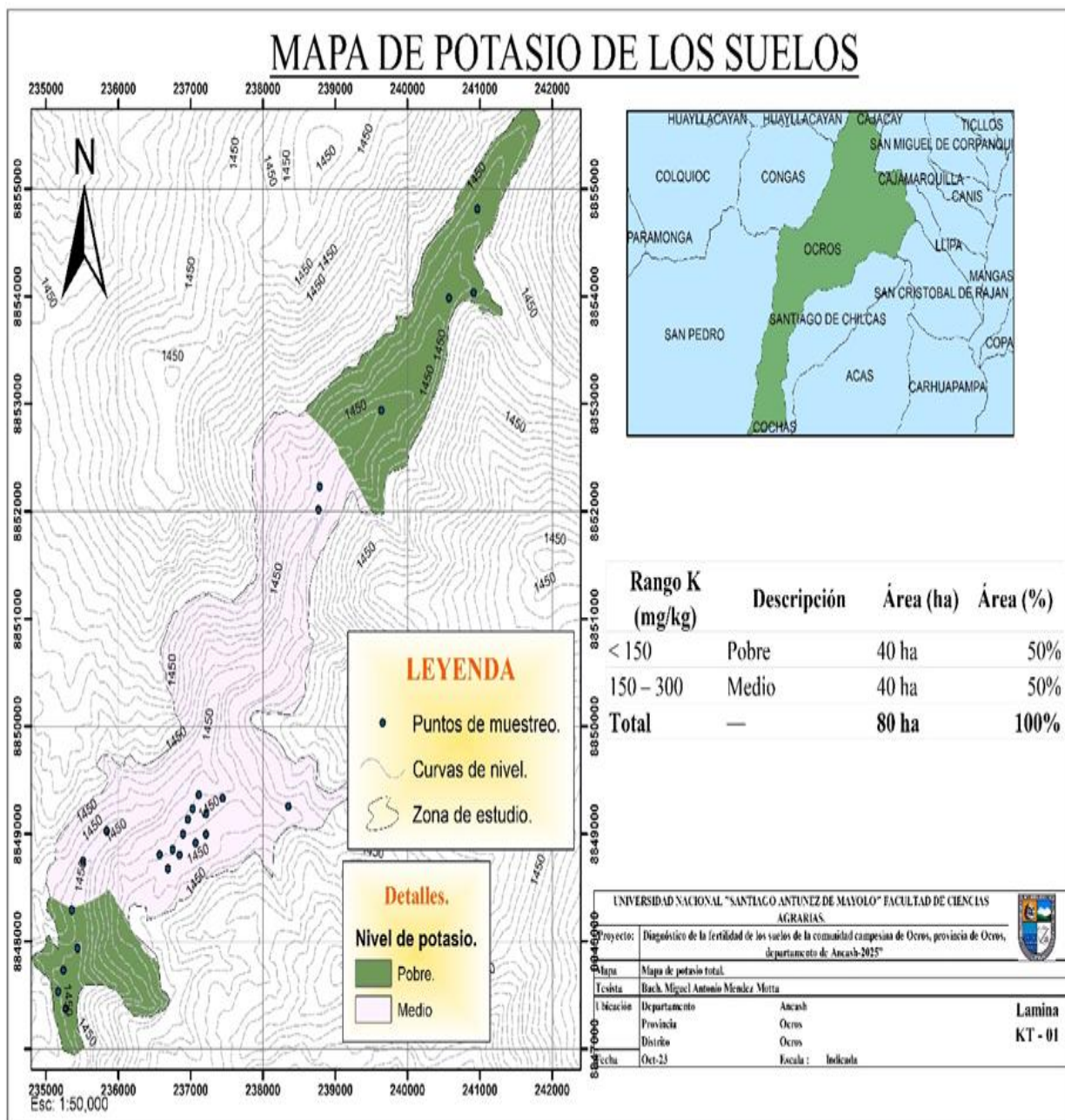


Figura 40

Conductividad eléctrica en el área de estudio.

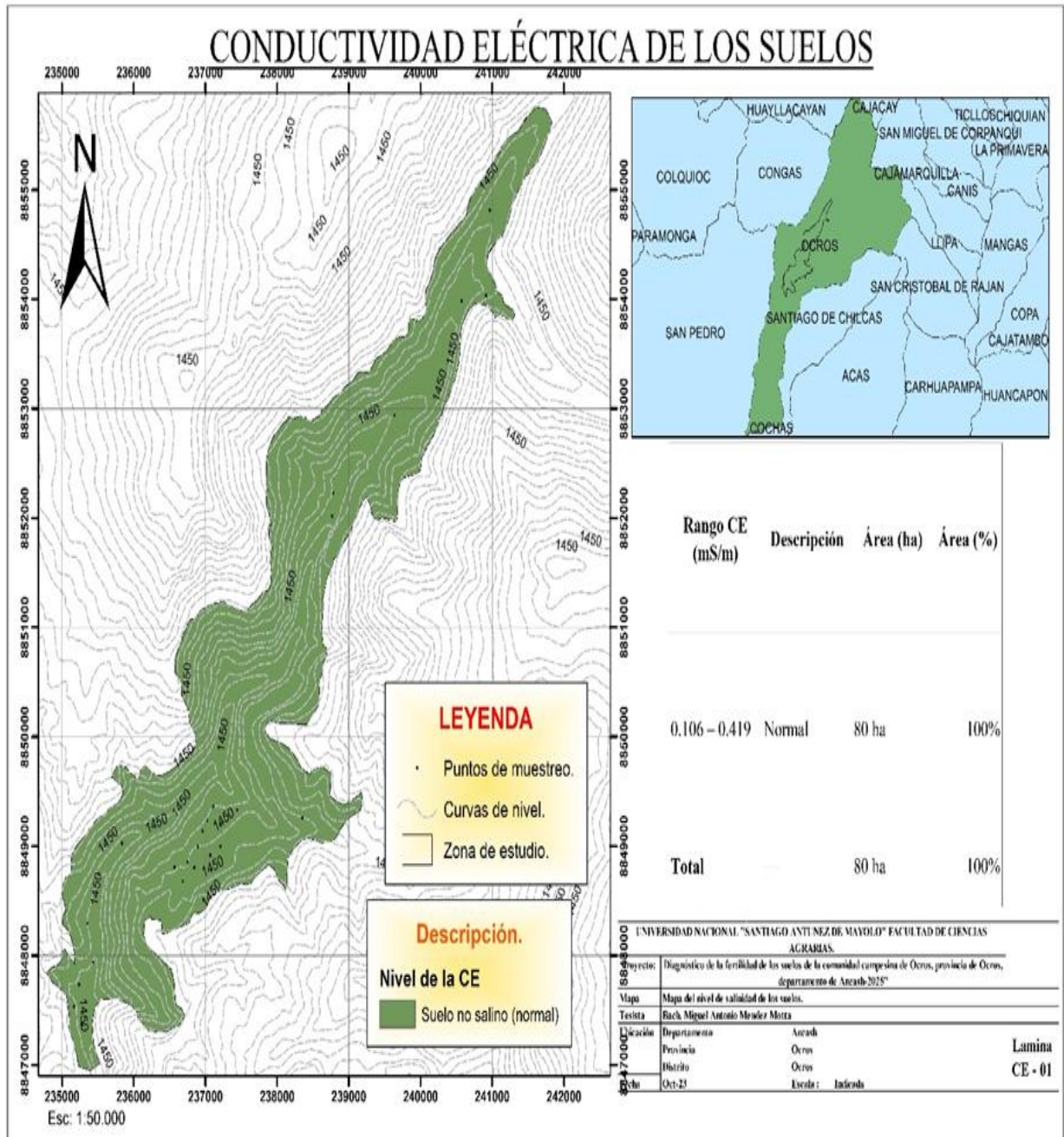


Figura 41

Nivel de fertilidad del área en estudio.

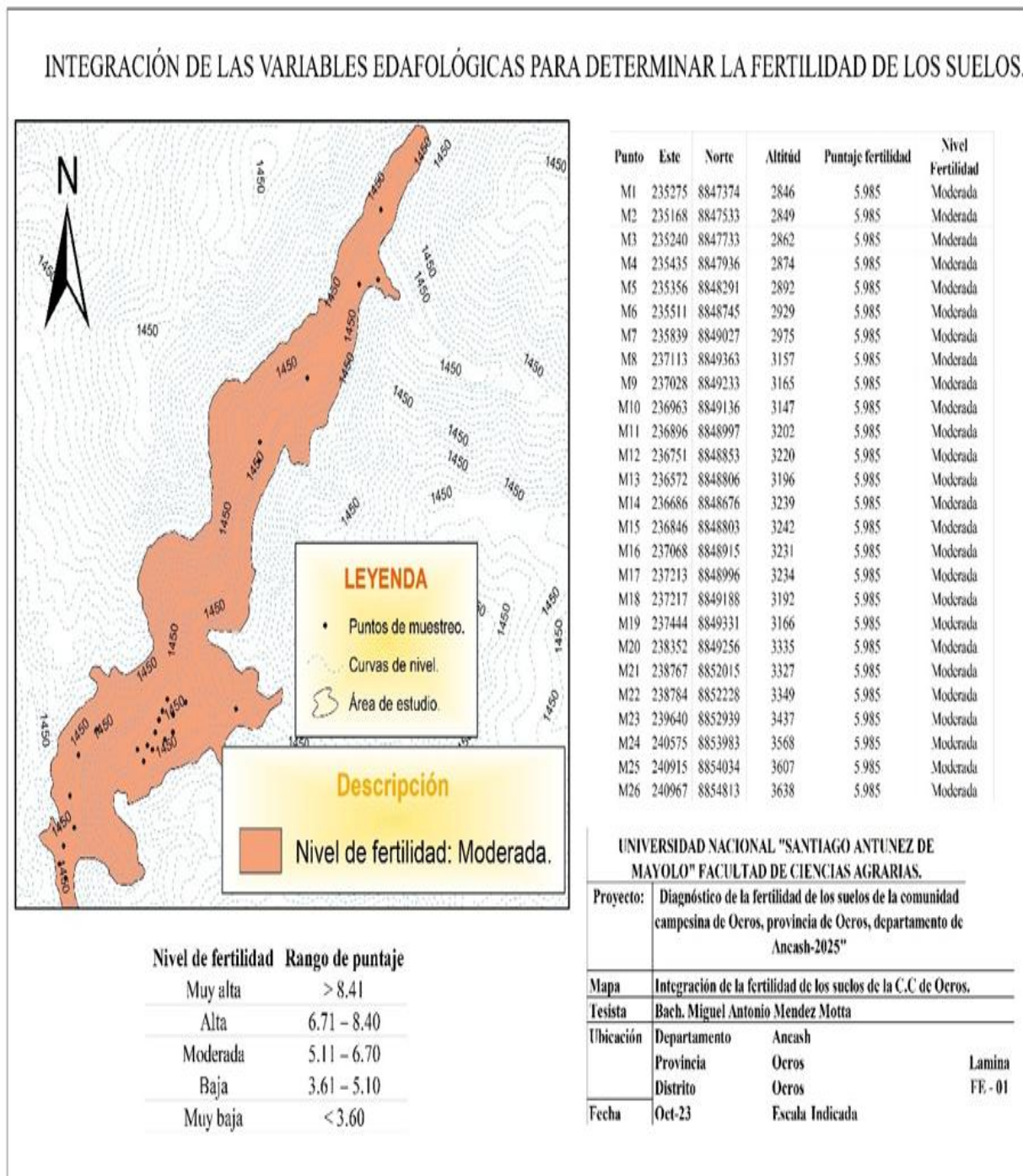


Figura 42

Resultados del análisis de fertilidad del laboratorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefón. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD

MUESTRA N°	TEXTURA (%)			CLASE TEXTURAL	Ph	M.O %	Nt %	P ppm	K ppm	C.E ds/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
M-1	46	34	20	Franco	6.42	1.846	0.092	21	136	0.151
M-2	36	36	28	Franco arcilloso	6.53	1.762	0.088	26	128	0.139
M-3	40	38	22	Franco	6.73	1.958	0.098	21	152	0.13
M-4	38	36	26	Franco	6.57	1.836	0.092	16	140	0.127
M-5	50	36	14	Franco	7.07	1.91	0.096	21	158	0.148
M-6	36	34	30	Franco arcilloso	6.99	1.874	0.094	27	160	0.14
M-7	60	30	10	Franco arenoso	6.48	2.116	0.106	17	162	0.238
M-8	45	35	20	Franco	6.5	2.101	0.11	20	145	0.18
M-9	52	32	16	Franco	6.41	1.948	0.097	18	142	0.211
M-10	60	28	12	Franco arenoso	6.58	2.142	0.107	18	158	0.242
M-11	51	33	16	Franco	6.17	2.252	0.113	26	138	0.37
M-12	60	28	12	Franco arenoso	6.4	1.916	0.096	25	141	0.204
M-13	41	39	20	Franco	7.04	1.91	0.096	28	156	0.351
M-14	53	35	12	Franco arenoso	6.14	2.11	0.106	19	132	0.413
M-15	45	35	20	Franco	6.37	2.116	0.106	26	150	0.419
M-16	60	28	12	Franco arenoso	6.5	2.09	0.105	26	162	0.197
M-17	49	35	16	Franco	6.21	2.154	0.108	17	154	0.378
M-18	60	30	10	Franco arenoso	6.53	2.236	0.112	21	162	0.138
M-19	55	29	16	Franco arenoso	6.43	2.136	0.107	26	155	0.194
M-20	57	37	6	Franco arenoso	6.1	2.418	0.121	17	153	0.239
M-21	48	36	16	Franco	6.35	2.08	0.108	22	148	0.185
M-22	41	47	12	Franco	6.13	2.374	0.119	9	164	0.149
M-23	57	33	10	Franco arenoso	6.1	2.43	0.122	9	138	0.157
M-24	47	41	12	Franco	6.16	2.274	0.114	14	140	0.236
M-25	59	33	8	Franco arenoso	6.06	3.224	0.161	13	132	0.106
M-26	39	43	18	Franco	6.2	2.284	0.114	14	138	0.155



Dr. Ing. Guillermo Castillo Romero
JEFE DE LABORATORIO
ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS
- UNASAM -