

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERIA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES



TESIS

**Sectorización y caracterización de los suelos agrícolas con
cultivo de palta (*Persea americana*) de exportación en
Luricocha-Huanta**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Rua Illanis, Andy Alberth

ASESOR:

Dr. Juan Quispe Rodriguez

HUANTA-AYACUCHO

2025

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS ANDY ALBERTH RUA ILLANIS.doc

x

RECuento DE PALABRAS

39579 Words

RECuento DE CARACTERES

219019 Characters

RECuento DE PÁGINAS

184 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

45.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 11, 2026 9:18 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 11, 2026 9:24 PM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 8% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado
digitalmente por
QUISPE
RODRIGUEZ Juan
FAU
20574653798 soft
Fecha: 2026.06.11
21:42:24 -05'00'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES**

En ciudad de Luricocha, en el Aula N° 05 del pabellón de la E.P de INAF, de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvió a Ccollana, a los 07 días del mes de noviembre de 2025, siendo las 11:00 am. se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Reynaldo Sucari León
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Dr. Juan Quispe Rodríguez
Mg. Abraham David Cruz Capcha

Presidente
Miembro titular 2
Miembro titular 3
Accesitario

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 098-2025-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Bach. Andy Alberth Rua Illanis**, con la tesis titulada: **"SECTORIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS CON CULTIVO DE PALTA (*Persea americana*) DE EXPORTACIÓN EN LURICOCHA – HUANTA"**; asesorado por el Dr. Juan Quispe Rodríguez, para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

NINGUNA

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Buenos	(✓)
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de *DIECISEIS* *16.0*
Siendo las *12:40 p.m.* se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.


.....
Dr. Reynaldo Sucari León
Presidente


.....
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Miembro Titular 2


.....
Dr. Juan Quispe Rodríguez
Miembro Titular 3

.....
Mg. Abraham David Cruz Capcha
Accesitario

**Sectorización y caracterización de los suelos
agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) de
exportación en Luricocha-Huanta**

TESISTA

Bach. Andy Alberth Rua Illanis

ASESOR

Dr. Juan Quispe Rodriguez

CIP N° 21016

DEDICATORIA

A mis amados abuelos, José Illanis Mora y María Contreras Solier, gracias por ser las raíces de mi historia y por su amor inquebrantable y lecciones de vida que siempre atesoraré profundamente. Padres, Giovana Illanis Contreras y Alfredo Rua Vitor, por sus incansables esfuerzos y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y enseñarme que con compromiso y sacrificio, los sueños realmente pueden hacerse realidad y de nunca rendirse frente a cualquier adversidad. Hermanos queridos, Gyslayne, Nicol y Gian Piero, que siempre han sido mi refugio y mi fuerza en este camino, quiero que sepan que todo lo que hago es también por ustedes, porque quiero mostrarles que nada es imposible cuando se pone el corazón en ello. A mi hija, Shanthal Ariana Rua Quispe, que significa todo para mí y me motiva, a ti dedico cada una de mis acciones; que este logro sea una prueba de amor y persistencia para ti. Y a todos mis familiares y amigos que, sin duda, me apoyaron con palabras motivadoras y confianza, les agradezco a todos por ser parte de mi historia y ayudarme a llegar hasta este punto.

Andy Alberth Rua Illanis

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y darme la fortaleza para superar cada desafío, y con sabiduría e iluminación, alumbrar mi camino con esperanza. Abuelos, José Illanis Mora y María Contreras Solier, por su amor incondicional y su ejemplo de lucha y perseverancia. Padres queridos, Giovana Illanis Contreras y Alfredo Rua Vitor. A mis hermanos, Gyslayne, Nicol y Gian Piero. A mi hija Shanthal Ariana Rua Quispe, mi mayor razón de vida, inspiración e impulso para esforzarme cada día. A mis familiares y amigos que siempre han estado a mi lado brindándome su cariño y confianza en cada etapa.

Alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de Huanta por permitirme el acceso al conocimiento y financiar esta investigación a través de su fondo FOCAM para que pudiera llevar a cabo este trabajo. Para mi asesor de tesis, el Dr. Juan Quispe Rodríguez, gracias por su paciencia, dedicación y guía en este proceso. A mis profesores de la carrera profesional de Negocios Agronómicos y Forestales, gracias por compartir su conocimiento y enseñarme a ver más allá del aula, lo cual ha impulsado mi crecimiento académico y profesional. Al Dr. Luis de los Santos Valladares, investigador del convenio entre la Universidad de Cambridge y la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, gracias por su valioso aporte en la investigación y su compromiso en la investigación científica.

Andy Alberth Rua Illanis

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo sectorizar e identificar las características físico-químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) destinados a la exportación en el distrito de Luricocha, utilizando técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica (QGIS). Se adoptó una metodología de tipo descriptivo, con un diseño no experimental, mediante el análisis de 30 muestras de suelo recolectadas en un área de 190 hectáreas, aplicando un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se evaluaron propiedades físicas (arena, limo, arcilla y textura) y químicas (pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, cobre, zinc y manganeso). Los resultados indican que los suelos presentan un pH promedio de 7.527 (ligeramente alcalino) y una conductividad eléctrica de 19.103 mS/m, lo que sugiere baja salinidad. Asimismo, se registró un contenido promedio de materia orgánica de 6.32%, nitrógeno de 0.319%, fósforo disponible de 32.503 mg/kg y potasio de 247.1 mg/kg, reflejando una fertilidad moderada favorable para el desarrollo del cultivo. La capacidad de intercambio catiónico (15.641 meq/100g) y los niveles de hierro (103.289 ppm) respaldan una adecuada disponibilidad de nutrientes esenciales. Adicionalmente, los análisis estadísticos (Kruskal-Wallis y ANOVA) aplicados a los datos de las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi no evidenciaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguna de las variables evaluadas, lo que sugiere una homogeneidad edáfica en la zona de estudio. Esta uniformidad podría estar asociada a condiciones agroecológicas y prácticas de manejo similares entre comunidades, lo cual permite proponer estrategias comunes de fertilización y planificación agronómica a nivel distrital. En conclusión, los suelos del distrito de Luricocha presentan condiciones físico-químicas adecuadas para el cultivo de palta de exportación. Además, se demuestra que la sectorización mediante teledetección, combinada con el análisis edafológico, constituye una herramienta eficaz para la planificación agrícola, facilitando la toma de decisiones, optimizando el manejo del cultivo y fortaleciendo la competitividad de Luricocha como zona productora de palta orientada al mercado internacional.

Palabras clave: caracterización físico-química, palta, suelo, Sectorización

ABSTRACT

The present study aimed to sectorize and identify the physical and chemical characteristics of agricultural soils with avocado (*Persea americana*) cultivation intended for export in the district of Luricocha, using remote sensing techniques and geographic information systems (QGIS). A descriptive, non-experimental methodology was applied, analyzing 30 soil samples collected from an area of 190 hectares through non-probabilistic convenience sampling. Physical properties (sand, silt, clay, and texture) and chemical parameters (pH, organic matter, electrical conductivity, cation exchange capacity, nitrogen, phosphorus, potassium, iron, copper, zinc, and manganese) were evaluated. The results showed an average pH of 7.527 (slightly alkaline) and an electrical conductivity of 19.103 mS/m, indicating low salinity. The average values for organic matter (6.32%), nitrogen (0.319%), available phosphorus (32.503 mg/kg), and potassium (247.1 mg/kg) reflect moderate fertility, suitable for avocado cultivation. The cation exchange capacity (15.641 meq/100g) and iron content (103.289 ppm) ensure adequate availability of essential nutrients. Furthermore, statistical analyses (Kruskal-Wallis and ANOVA) conducted across the communities of Chamana, Luricocha, and Simpay Huasi revealed no significant differences ($p > 0.05$) in any of the evaluated variables, indicating edaphic homogeneity throughout the study area. This uniformity is likely associated with similar agroecological conditions and farming practices across communities, allowing for the proposal of unified fertilization and agronomic management strategies at the district level. In conclusion, the soils in Luricocha present favorable physical and chemical conditions for avocado production aimed at export. The study also demonstrates that soil sectorization using remote sensing, combined with edaphological analysis, is an effective tool for agricultural planning, supporting decision-making, optimizing crop management, and enhancing Luricocha's competitiveness as a high-quality avocado-producing region for international markets.

Key words: physicochemical characterization, avocado, soil, sectorization.

INDICE

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
INDICE	ix
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
INDICE DE ANEXOS	xix
INTRODUCCIÓN	20
CAPITULO I.....	22
EL PROBLEMA	22
1.1. Planteamiento del problema.....	22
1.2. Formulación del problema de investigación	23
1.2.1. Interrogante general	23
1.2.2. Interrogantes específicos	23
1.3. Objetivos de la investigación	24
1.3.1. Objetivo general	24
1.3.2. Objetivos específicos	24
1.4. Justificación e importancia	24
1.4.1. Teórica	24
1.4.2. Práctica	25
1.4.3. metodológica	25
1.4.4. Social.....	25
1.4.5. Económica.....	25
1.4.6. Ambiental	26

1.4.7. Científica	26
1.4.8. Importancia	26
1.5. Formulación de hipótesis	27
1.5.1. Hipótesis general	27
1.5.2. Hipótesis específicas	28
1.6. Variables	28
1.6.1. Variable independiente:	28
1.6.2. Variable dependiente:	28
1.7. Operacionalización de variable	29
CAPITULO II	30
MARCO TEORICO	30
2.1. Antecedentes de la investigación	30
2.1.1. Internacionales	30
2.1.2. Nacionales	37
2.1.3. Locales	44
2.2. Bases teóricas	46
2.2.1. Sectorización del suelo	46
2.2.2. Sectorización con mapas temáticos	47
2.2.3. Tecnologías aplicadas a la sectorización de suelos	47
2.2.3.1. Sensoramiento remoto	47
2.2.3.2. Drones.	48
2.2.3.3. Imágenes satelitales	49
2.2.3.4. Sistema de información geográfica GIS/SIG.	50
2.2.3.5. Qgis.	51
2.2.3.6. ArcGIS.	52
2.2.3.7. Google Earth.	52
2.2.4. Caracterización del suelo	53

2.2.4.1. Caracterización física.....	53
a. Textura	53
b. Estructura	54
c. Densidad.....	54
d. Porosidad.....	55
2.2.4.2. Caracterización química.....	55
a. pH del Suelo	56
b. Materia orgánica (MO)	56
c. Nitrógeno (N).....	57
d. Fosforo (P)	57
e. Potasio (K)	57
f. Hierro (Fe).....	58
g. Cobre (Cu).....	58
h. Zinc (Zn)	58
2.2.4.3. Caracterización fisicoquímica.....	58
a. Conductividad eléctrica (CE).....	59
b. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	59
c. Cultivo de palta	59
2.2.5. <i>Palta (Persea americana)</i>	60
2.2.5.1. Generalidades.....	60
2.2.5.2. Requerimientos de cultivo de palto.....	60
2.2.6. <i>El suelo</i>	63
2.2.6.1. Generalidades.....	63
2.2.6.2. Propiedades físicas del suelo para el palto.....	63
2.2.6.3. Propiedades químicas del suelo para el palto.....	63
CAPITULO III.....	67
METODOLOGÍA	67

3.1. Tipo y nivel de investigación	67
3.1.1. Tipo de investigación	67
3.1.2. Nivel de investigación	67
3.1.3. Método de investigación	68
3.1.4. Diseño de investigación	68
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	68
3.2.1. Ámbito temporal.....	68
3.2.2. Ámbito espacial.....	68
3.3. Población y muestra	70
3.3.1. Población	70
3.3.2. Muestra	70
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	71
3.4.1. Técnica.....	71
3.4.2. Instrumento	73
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	75
CAPITULO IV	76
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
4.1. Resultados	76
4.1.1. Estadística descriptiva	76
4.2. Discusión	148
CAPITULO V.....	155
CONCLUSIONES.....	155
CAPITULO VI.....	158
RECOMENDACIONES.....	158
CAPITULO VII.....	159
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	159
ANEXOS.....	165

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	29
Tabla 2 Temperaturas mínimas para el cultivo de la (<i>Persea americana</i>).....	61
Tabla 3 Requerimientos totales de macro y micronutrientes de cultivos clasificados como frutas y frutos secos	65
Tabla 4 Micronutrientes esenciales para la palta	66
Tabla 5 Parámetro Físico-químicas del suelo y sus valores óptimos en el cultivo de palta	66
Tabla 6 Características físicas y métodos empleados para los análisis de suelo..	72
Tabla 7 Características químicas y métodos y métodos empleados para el análisis de suelo	73
Tabla 8 Estadística descriptiva de las características físicas y químicas de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha.....	77
Tabla 9 Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha	78
Tabla 10 Estadística descriptiva de las características físicas y químicas de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha, localidad Chamana.....	99
Tabla 11 porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Chamana.....	100
Tabla 12 Estadística descriptiva de las características físicas y químicas de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha- localidad Simpay Huasi ..	102
Tabla 13 Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Simpay Huasi	103

Tabla 14 Estadística descriptiva de las características físicas y químicas de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Cercado de Luricocha	104
Tabla 15 Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Cercado de Luricocha.....	105
Tabla 16 Comparación de las características físicas químicas de los suelos agrícolas de Luricocha con estándares óptimos para el cultivo de la palta	107
Tabla 17 Comparaciones de las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha-Chamana con Estándares óptimos para el cultivo de palta.....	108
Tabla 18 Comparación de las características Físico-Químicas de los suelos agrícolas de Luricocha-Cercado de Luricocha con estándares óptimos para el cultivo de palta.....	109
Tabla 19 Comparación de las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha-Simpay Huasi con estándares óptimos para cultivo de palta	110
Tabla 20 Prueba de normalidad.....	112
Tabla 21 Prueba de Kruskal-Wallis	112
Tabla 22 Prueba de normalidad.....	114
Tabla 23 Prueba de Kruskal-Wallis	114
Tabla 24 Prueba de normalidad.....	116
Tabla 25 Prueba de Kruskal-Wallis	116
Tabla 26 Prueba de normalidad.....	118
Tabla 27 Prueba de Kruskal-Wallis	118

Tabla 28 Prueba de normalidad.....	120
Tabla 29 Prueba de Kruskal-Wallis	120
Tabla 30 Prueba de normalidad.....	121
Tabla 31 Prueba de Levene	122
Tabla 32 Pruebas robustas de igualdad de medias	123
Tabla 33 Prueba de normalidad.....	124
Tabla 34 Prueba de Levene	124
Tabla 35 Análisis de varianza - ANOVA.....	125
Tabla 36 Prueba de normalidad.....	126
Tabla 37 Prueba de Levene	126
Tabla 38 Análisis de varianza - ANOVA.....	127
Tabla 39 Prueba de normalidad.....	128
Tabla 40 Prueba de Levene	129
Tabla 41 Análisis de varianza - ANOVA.....	129
Tabla 42 Prueba de normalidad.....	130
Tabla 43 Prueba de Kruskal-Wallis	131
Tabla 44 Prueba de normalidad.....	132
Tabla 45 Prueba de Levene para magnesio intercambiable en el suelo	133
Tabla 46 Prueba de Kruskal-Wallis	133
Tabla 47 Prueba de Dunn-Bonferroni	134
Tabla 48 Prueba de normalidad.....	135

Tabla 49 Prueba de Levene para potasio intercambiable en el suelo.....	135
Tabla 50 Pruebas robustas de igualdad de medias	136
Tabla 51 Prueba de normalidad.....	137
Tabla 52 Prueba de Kruskal-Wallis	137
Tabla 53 Prueba de normalidad.....	138
Tabla 54 Prueba de Levene para la capacidad de intercambio cationico en el suelo	139
Tabla 55 Pruebas robustas de igualdad de medias para la capacidad de intercambio cationico en el suelo	139
Tabla 56 Prueba de normalidad.....	140
Tabla 57 Prueba de Kruskal-Wallis para las medias de fierro en el suelo en las tres comunidades	141
Tabla 58 Prueba de normalidad.....	142
Tabla 59 Prueba de Kruskal-Wallis para las medias del cobre en el suelo en las tres comunidades	143
Tabla 60 Prueba de normalidad.....	144
Tabla 61 Prueba de Levene para el zinc en el suelo.....	145
Tabla 62 Analsis de varianza - ANOVA.....	146
Tabla 63 Prueba de normalidad.....	147
Tabla 64 Prueba de Kruskal-Wallis para las medias del magnesio en el suelo en las tres comunidades	148

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Triangulo de textura de suelo USDA	53
Figura 2 Ecala de pH del Suelo.....	56
Figura 3 Ubicación geográfica del estudio	69
Figura 4 Mapeo y sectorización de suelos evaluados en laboratorio	76
Figura 5 Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha.....	79
Figura 6 Mapa de pH por suelo clasificado	80
Figura 7 Mapa de conductividad eléctrica (mS/m) por suelo clasificado.....	81
Figura 8 Mapa de materia orgánica (%) por suelo clasificado	82
Figura 9 Mapa de nitrógeno (%) por suelo clasificado.....	83
Figura 10 Mapa de fosforo disponible (mg/kg) por suelo clasificado	84
Figura 11 Mapa de potasio disponible (mg/kg) por suelo clasificado.....	85
Figura 12 Mapa de arena (%) por suelo clasificado.....	86
Figura 13 Mapa de limo (%) por suelo clasificado	87
Figura 14 Mapa de arcilla (%) por suelo clasificado	88
Figura 15 Mapa de clase textural por suelo clasificado.....	89
Figura 16 Mapa de calcio intercambiable cmol (+) kg por suelo	90
Figura 17 Mapa de magnesio intercambiable cmol (+) kg por suelo.....	91
Figura 18 Mapa de potasio intercambiable cmol (+) Kg por Suelo clasificado ..	92
Figura 19 Sodio intercambiable cmol (+) Kg por Suelo clasificado	93

Figura 20 Mapa del intercambio catiónico por suelo clasificado	94
Figura 21 Mapa de fierro (Fe) ppm por suelo clasificado.....	95
Figura 22 Mapa de cobre (Cu) ppm por suelo clasificado.....	96
Figura 23 Mapa de zinc (Zn) ppm por suelo clasificado	97
Figura 24 Mapa de manganeso (Mn) ppm por suelo clasificado	98
Figura 25 Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha localidad Chamana	101
Figura 26 Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha localidad Simpay Huasi	103
Figura 27 Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Cercado de Luricocha	106

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Matriz de Consistencia	165
Anexo 2	Promedio del tipo de suelo de Luricocha tomado en 30 Puntos	166
Anexo 3	Informe de ensayo de Análisis de 30 Muestras de suelo del distrito de Luricocha	167
Anexo 4	Muestreo de Suelos en las Comunidades de Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha	177
Anexo 5	Muestreo de 30 muestras de Suelos en las comunidades Chamana, Simpay Huasi, Cercado de Luricocha	179

INTRODUCCIÓN

La producción de palta (*Persea americana*) se ha consolidado como uno de los cultivos más estratégicos en la agricultura de exportación, dada su alta demanda internacional y su potencial de generar valor agregado en regiones con vocación agrícola (Anacona et al., 2023; Erazo et al., 2024). En Perú, su expansión ha impulsado iniciativas para mejorar la competitividad agroexportadora, optimizando prácticas agronómicas, manejo del agua y caracterización edáfica (IS-SAR, 2024). La calidad del suelo, expresada a través de sus propiedades físicas y químicas, constituye un factor clave para garantizar rendimientos sostenibles y fruta con estándares exigentes de exportación (Mejía et al., 2025; Kassa et al., 2024).

Nada obstante, en muchas zonas productoras existe aún un vacío técnico en cuanto a la zonificación del suelo y su caracterización espacial, lo que limita la toma de decisiones basadas en criterios agronómicos precisos. Las técnicas de teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten integrar datos espaciales multisensoriales con información de laboratorio de suelos, posibilitando sectorizaciones más precisas y mapas temáticos útiles para la planificación (Torres-Madronero et al., 2023). Por ejemplo, estudios recientes han utilizado índices de vegetación y sensores satelitales para diagnosticar el estado hídrico y nutricional en huertos de palta (Salazar-Reque et al., 2023), reforzando el valor de la integración espacial.

Este estudio se centra en el distrito de Luricocha, en la provincia de Huanta, con la finalidad de generar una zonificación edáfica para suelos cultivados con palta de exportación, y describir sus principales atributos físicos y químicos. El propósito es aportar una herramienta técnica para orientar el manejo agronómico, fertilización y selección de áreas más aptas, fortaleciendo la competitividad de la zona y reduciendo la incertidumbre productiva. El uso combinado de teledetección y SIG como apoyo a los análisis de laboratorio permitirá una visión integral del recurso suelo, con resultados aplicables al diseño de estrategias de manejo localizadas. La presente investigación se estructura en seis capítulos, organizados de manera lógica y coherente para facilitar el desarrollo del estudio.

Capítulo I expone el planteamiento del problema de investigación, los objetivos generales y específicos, la justificación y relevancia del estudio, así como la formulación de las hipótesis y la identificación de las variables involucradas.

Capítulo II desarrolla el marco teórico, incorporando antecedentes relevantes a nivel internacional, nacional y local, además de los fundamentos teóricos y conceptuales que sustentan la investigación, y la definición operativa de los términos clave.

Capítulo III describe la metodología empleada, especificando el tipo, nivel, método y diseño de la investigación; también se detalla el ámbito de intervención, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos y los procedimientos aplicados para el procesamiento y análisis de la información.

Capítulo IV presenta los resultados obtenidos y su respectiva discusión, organizados en función de los objetivos planteados.

Capítulo V contiene las conclusiones, derivadas del análisis de los resultados, en relación directa con los objetivos y la hipótesis del estudio.

Finalmente, el Capítulo VI formula las recomendaciones basadas en los hallazgos obtenidos, orientadas a mejorar la gestión del cultivo de palta en el área de estudio.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El desconocimiento de la realidad de las condiciones ambientales en que los agricultores desarrollan sus actividades agropecuarias en un área determinada conduce en muchos casos al fracaso con repercusiones en el desarrollo productivo (Palomino, 2013). Para el cultivo de palta (*Persea americana*), al no realizar un estudio preliminar sobre las características del suelo, agua y ambiental, que permitan conocer las características físico-química de los suelos, que garanticen el adecuado crecimiento y formación de la planta, de modo que corren el riesgo y peligro de obtener una escasa producción, calidad y productividad del cultivo.

La productividad del cultivo del palto varía a factores, de los cuales algunos de ellos están relacionados con las características edafoclimáticas de la ubicación de las huertas. Por lo tanto, se debe enfatizar la importancia de la elección correcta de la tierra durante el establecimiento de la plantación para evitar la baja productividad debido al clima o problemas desfavorables en el suelo (Intragri, 2019).

En México se estudió el estado nutricional del palto y así como también las características físico-químicos del suelo, observándose que carece de nitrógeno, fósforo y manganeso, y es muy pobre en materia orgánica. Estos problemas se pueden resolver con una gestión adecuada y un buen manejo del cultivo (Méndez et al., 2008).

En Ayacucho existen valles propicios para el cultivo del palto, cuya altitud oscila entre los 2000 y los 2700 msnm. En la provincia de Huanta los suelos son superficialmente pobres con alto contenido de CO₃ y textura arcillosa; es por eso que se da el problema de caída de hojas y clorosis regresiva por presencia de salinidad asociada a muerte de plantas por enfermedades fúngicas (Ignacio & Canchari, 2017).

Como se observa, los suelos deben proporcionar los nutrientes requeridos para el crecimiento y desarrollo adecuado de la planta, de tal forma que, si no se hace un estudio preliminar de suelos en el cultivo de palto, su desarrollo no sería favorable, por lo que, en esta investigación se pretende caracterizar y sectorizar los suelos en el distrito de Luricocha, a través de métodos de estudio de suelos y la aplicación del sensoramiento remoto e imágenes satelitales; que contribuyan a un manejo adecuado de suelos para la palta.

1.2. Formulación del problema de investigación

1.2.1. Interrogante general

¿Cómo sectorizar e identificar las características físico-químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en el distrito de Luricocha, con fines de exportación?

1.2.2. Interrogantes específicos

- ¿Cómo se pueden sectorizar e identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos con cultivo de palta en Luricocha mediante teledetección y SIG (QGIS) para la elaboración de mapas temáticos?
- ¿En qué medida las características físico-químicas de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha se ajustan a los requerimientos óptimos del cultivo de palta para exportación?
- ¿Cuáles son las características físicas y químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta destinados a la exportación en el distrito de Luricocha?
- ¿Existen diferencias significativas en las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas entre las comunidades con cultivo de palta de exportación en Luricocha?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Sectorizar, empleando técnicas de teledetección e identificar las características físico-químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en el distrito de Luricocha con fines de exportación

1.3.2. Objetivos específicos

- Sectorizar e identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos cultivados con palta para exportación, mediante la aplicación de técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica (QGIS), orientado a la generación de mapas temáticos en el distrito de Luricocha.
- Analizar las características físicas y químicas de los suelos con cultivo de palta destinadas a la exportación en el distrito de Luricocha.
- Determinar en qué medida las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha se ajustan a los requerimientos óptimos del cultivo de palta para exportación.
- Comparar las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas entre las comunidades con cultivo de palta de exportación en Luricocha.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Teórica

Dentro de la investigación se propone diagnosticar el estado actual de suelos agrícolas con cultivo de palto en Luricocha. En un trabajo similar reportado por (Laura, 2021). A cerca de las paltas en Bolivia, esta afirma que con el estudio de suelo se puede delimitar el porcentaje de nutrientes presentes en el suelo agrícola, como algunos nutrientes y el pH. En el presente proyecto se pretende comparar dichos resultados con los encontrados en Luricocha, Huanta.

1.4.2. Práctica

En este proyecto, primero sectorizaremos una determinada área de parcelas con cultivo en el distrito de Luricocha, luego caracterizaremos esos suelos con plantaciones de Palta mediante técnicas físicas y químicas tales como microscopia y absorción atómica. La información obtenida servirá, para garantizar el adecuado crecimiento, formación de la planta que trascienden en la producción, tanto en la rentabilidad y la calidad del palto.

1.4.3. metodológica

En primer lugar, se identificará el terreno de cultivo de paltas más representativos del distrito de Luricocha, donde primero se sectorizará con imágenes de satélite, y su posterior identificación con el Software QGIS. Con lo que se clasificara las parcelas con cultivos de palto y otros cultivos por lo que se determinara los puntos de estudio para el muestreo. En segundo lugar, se obtendrá las muestras de los puntos seleccionados previamente para su análisis físico-química con métodos de microscopia y absorción Atómica. Finalmente, con este método de muestreo de suelo podremos caracterizar los suelos agrícolas amigables para el cultivo de palta de exportación.

1.4.4. Social

La caracterización físico-química y la sectorización de las parcelas con palta en Luricocha brindarán a los agricultores locales información clara y accesible sobre la calidad y potencial de sus suelos. Esto permitirá que adopten prácticas agrícolas sostenibles y tecnificadas, mejorando la calidad de la producción y asegurando el cumplimiento de requisitos de exportación. Socialmente, este trabajo fortalece la organización comunitaria, promueve la capacitación y genera oportunidades de desarrollo, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las familias productoras.

1.4.5. Económica

Este estudio permitirá que los productores de Luricocha optimicen el uso de sus recursos, reduzcan costos de producción y aumenten el rendimiento y la

calidad de la palta destinada a la exportación. Con información precisa sobre la fertilidad del suelo y sectores productivos, será posible implementar planes de manejo que maximicen la rentabilidad. El acceso a mercados internacionales mejor remunerados no solo incrementará los ingresos de los agricultores, sino que también dinamizará la economía local y regional, generando empleo y fortaleciendo la cadena de valor del cultivo de palta.

1.4.6. Ambiental

La evaluación y sectorización de los suelos agrícolas de palta permitirá aplicar planes de manejo adaptados que preserven la calidad del suelo, eviten la degradación y promuevan un uso racional de fertilizantes y agua. Esto contribuirá a la conservación de la biodiversidad local y a la reducción de la contaminación de fuentes hídricas. Un manejo ambientalmente responsable no solo garantiza la continuidad del cultivo a largo plazo, sino que también cumple con estándares internacionales exigidos en mercados de exportación.

1.4.7. Científica

La caracterización físico-química y la sectorización de los suelos agrícolas de palta en Luricocha generarán información técnica precisa que servirá como base para futuras investigaciones relacionadas con el manejo y mejoramiento de la producción de este cultivo. Este estudio aportará datos confiables sobre pH, textura, materia orgánica y otros parámetros fundamentales para evaluar la fertilidad y el potencial productivo del suelo. Además, la sectorización permitirá identificar áreas homogéneas con necesidades específicas, contribuyendo a optimizar el manejo agrícola de manera sustentada en evidencia científica.

1.4.8. Importancia

La presente investigación es de gran relevancia porque aborda de manera conjunta la caracterización físico-química y la sectorización de los suelos agrícolas destinados al cultivo de palta en el distrito de Luricocha, Huanta, Ayacucho, con mayor enfoque en áreas que ya se encuentran en producción.

Su importancia radica en que, a través de la realización del análisis de caracterización físico-química, se obtendrá un diagnóstico integral del estado actual del suelo, evaluando parámetros clave como textura, pH, contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes, entre otros, los cuales influyen directamente en el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto. Paralelamente, mediante la ejecución de la sectorización de suelos, se identificarán zonas homogéneas que podrán recibir un manejo agronómico diferenciado y más eficiente.

Desde el punto de vista productivo, la información generada servirá como base para diseñar planes de manejo que optimicen el uso de fertilizantes y agua, incrementando la productividad y reduciendo costos. A nivel ambiental, contribuirá a evitar la degradación del suelo, prevenir la contaminación y promover un uso sostenible de los recursos.

En el ámbito social y económico, este estudio fortalecerá la capacidad técnica de los productores, mejorará la calidad de la palta destinada a exportación y aumentará la competitividad de Luricocha en mercados nacionales e internacionales, impulsando así el desarrollo local y regional.

En suma, esta investigación, que contempla la realización del análisis de caracterización físico-química y la sectorización de suelos, es fundamental para orientar decisiones técnicas y estratégicas que favorezcan la sostenibilidad, rentabilidad y calidad de la producción de palta, beneficiando tanto a productores como a la comunidad en su conjunto.

1.5. Formulación de hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El uso de técnicas de teledetección permite una sectorización eficiente e identificación precisa de las características físico y químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta destinados a la exportación en el distrito de Luricocha.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de técnicas de teledetección y herramientas SIG (QGIS) permite una sectorización eficiente e identificación precisa de las propiedades físico-químicas de los suelos con cultivo de palta en Luricocha, facilitando la elaboración de mapas temáticos.
- Las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha se ajustan parcialmente a los requerimientos óptimos del cultivo de palta para exportación, con variaciones según el sector geográfico.
- Los suelos agrícolas con cultivo de palta en Luricocha presentan características físicas y químicas homogéneas en la mayoría de las zonas evaluadas, con ligeras variaciones atribuibles a factores edafoclimáticos locales.
- Las propiedades físicas y químicas de los suelos varían significativa entre las comunidades agrícolas del distrito de Luricocha con cultivo de palta destinado a la exportación.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente:

- Técnicas de teledetección y SIG (QGIS)
- Requerimientos óptimos del cultivo

1.6.2. Variable dependiente:

- Características físicas y químicas del suelo

1.7. Operacionalización de variable

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VI: Técnicas de teledetección y SIG (QGIS)	Conjunto de herramientas y métodos que permiten capturar, procesar y analizar información espacial y espectral de la superficie terrestre, para identificar características biofísicas del suelo y vegetación.	Aplicación de imágenes satelitales, sensores remotos y análisis espacial en QGIS para sectorizar suelos agrícolas con cultivo de palta en función de sus características edáficas y ubicación geográfica.	Aplicación tecnológica Procesamiento de datos espaciales Elaboración de mapas temáticos	Tipo de imágenes satelitales utilizadas Procesos SIG aplicados Mapas generados (textura, pH, nutrientes, etc.) Resolución espacial de los datos Precisión en la sectorización edáfica
VI: Requerimientos óptimos del cultivo	Conjunto de condiciones edafoclimáticas y nutricionales necesarias para el adecuado desarrollo y productividad del cultivo de palta.	Identificación de los parámetros físicos y químicos del suelo que se alinean con los estándares agronómicos establecidos para el cultivo de palta destinado a exportación.	Parámetros edáficos óptimos para palta Compatibilidad suelo-cultivo	Intervalos óptimos de pH, MO, N, P, K, Ca, Mg Textura adecuada Capacidad de retención de nutrientes Conductividad eléctrica apropiada Relación suelo-planta
VD: Características físicas y químicas del suelo	Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo que influyen en la productividad del cultivo de palta.	Recolección y análisis de muestras de suelo en laboratorio para determinar sus características físicas y químicas.	Propiedades físicas del suelo Propiedades químicas del suelo	Textura (arena, limo, arcilla) Color del suelo Profundidad efectiva Ph Materia orgánica (%) Nitrógeno (N) Fósforo (P) Potasio (K) Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Conductividad eléctrica (CE) CIC(Capacidad de intercambio catiónico) Micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn)

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Bermeo et al. (2025). “*Aplicación de SIG en análisis de NDVI para cultivos de cacao con precisión geográfica*”, desarrollado en la Universidad Estatal de Milagro y la Universidad Agraria del Ecuador. Tuvo como objetivo analizar la cobertura vegetal y su evolución en los cantones Milagro, Vinces y Naranjal de la costa ecuatoriana durante el período 2020-2023. La metodología se basó en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para mapear el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), demostrando ser una técnica eficaz para el monitoreo agrícola, en concordancia con lo reportado por Pérez et al. (2023) respecto a la utilidad de esta herramienta en cultivos perennes. Los resultados mostraron una tendencia positiva en la cobertura vegetal de las áreas analizadas, con un incremento progresivo de zonas con alta densidad de vegetación ($NDVI > 0,40$) en el periodo de estudio. Este aumento estuvo asociado a la reforestación, recuperación de suelos degradados y prácticas de manejo sostenible implementadas en la región. En conclusión, la investigación confirma que la integración de SIG y NDVI constituye una herramienta clave para la gestión de cultivos de cacao, ya que permite identificar tendencias espacio-temporales de la cobertura vegetal y facilita la toma de decisiones basadas en evidencia. No obstante, se resalta la importancia de adaptar la interpretación de los valores de NDVI a las condiciones locales, considerando factores edáficos y prácticas de manejo agrícola.

Bekele, et al. (2023). “*Characterization and classification of soils of upper Hoha Sub-Watershed in Assosa district, Western Ethiopia*”. Western Ethiopia, world for soil resource. El objetivo del estudio era caracterizar, clasificar y cartografiar los suelos de la subcuenca del Alto Hoha según la base de referencia de los recursos suelos del mundo. Se abrieron siete pedones representativos en la subcuenca del Alto Hoha en diferentes posiciones del

paisaje. En consecuencia, los suelos superficiales de los pedones 2, 3 y 7 consistían en horizontes móllicos; mientras que los pedones 1, 4, 5 y 6 tenían horizontes úmbricos. Los horizontes diagnósticos subsuperficiales identificados para los pedones abiertos eran horizontes níticos, cámbicos, ferrálicos, plínticos y pisoplínticos. Los pedones 1, 2, 4, 5 y 7 contenían un horizonte nítico, mientras que los pedones 3 y 6 tenían horizontes cámbicos. También Pedon 3, 4 y 6 tenían horizontes subsuperficiales Plinthic, Ferralic y Pisoplinthic respectivamente. Los suelos superficiales de Pedon 1, 2 y 4 mostraban propiedades antricas que se veían afectadas por el arado a largo plazo; y Pedon 2, 5 y 6 mostraban propiedades sideralicas en los suelos subsuperficiales que tenían menor CEC < 24 cmolc kg⁻¹ arcilla. Pedon-3 y 7 mostraron una abrupta diferencia textural en el contenido de arcilla entre los horizontes superficiales y sub superficiales; en particular, Pedon-7 tenía deposición de materiales colúvicos. Como resultado, los suelos de la subcuenca del Alto Hoha se clasificaron en los grupos de suelos de referencia de Nitisoles, Cambisoles y Plinthosoles con sus correspondientes calificativos.

Zambrano M. (2023). “aplicación de algoritmo de inteligencia artificial para la detección de cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.), banano (*Musa paradisiaca* L.) y palma africana (*Elaeis guineensis* J.) en la zona norte de las provincias de las guayas y los ríos”. realizado en la universidad técnica estatal de quevedo- ecuador. Evaluó la eficacia de los métodos de clasificación supervisada Máxima Verosimilitud (ML) y Bosques Aleatorios (RF) aplicados a imágenes satelitales Sentinel-2, con el fin de identificar y mapear cultivos de interés agrícola mediante índices espectrales como el NDVI y el RESI. Los resultados demostraron que ambos métodos fueron efectivos, aunque con diferencias notorias: mientras que en las clasificaciones con ML predominó la categoría “zonas sin clasificación”, reduciendo la precisión, el método RF logró mejorar la detección al incrementar las coberturas de banano, cacao y asentamientos humanos, disminuyendo simultáneamente las áreas no clasificadas, cuerpos de agua y nubes. Se concluyó que la combinación de algoritmos de inteligencia artificial con índices espectrales mejora significativamente la precisión en la clasificación de cultivos, siendo la

validación de modelos y la selección de índices adecuados factores determinantes para la obtención de resultados confiables

Vera, et al. (2022): “Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del Cantón Santo Domingo de los Tsáchilas”. Desarrollada en la Universidad Estatal Sur del Manabí. Mediante las ciencias contribuyendo a la educación y las Tics. Tienen como objetivo determinar las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola de la parroquia el esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas de la zona de planificación con la finalidad caracterizar el estado físico y químico de los suelos destinados a la actividad agrícola en dicha zona. El trabajo se ejecutó bajo un diseño no experimental, con un enfoque descriptivo y explicativo, a través de la toma de muestras de suelo en campo, apertura de perfiles y análisis en laboratorio, considerando variables como textura, estructura, color, consistencia, carbonatos, densidad, porosidad, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nutrientes. Los análisis mostraron que el suelo posee una textura franco arenosa (50 % arena, 42 % limo y 8 % arcilla), con un pH ácido medio (5,8) y un nivel moderado de materia orgánica (3,8 %). Además, se encontró alta disponibilidad de hierro, cobre, fósforo y calcio, mientras que el magnesio (0,9 %) y el potasio (0,29 %) presentaron deficiencias. En síntesis, los suelos resultan apropiados para cultivos como cacao y yuca, pero es necesario implementar prácticas de fertilización, enmiendas para corregir la acidez y la incorporación de materia orgánica, lo que garantizaría un manejo sostenible y una mejor productividad agrícola en la zona.

Torrusio S. (2022).” Teledetección y sistemas de información geográfica”. Realizado en la Universidad Nacional de la Plata. Aplicó técnicas de percepción remota para calcular el índice normalizado de vegetación (NDVI) a partir de una imagen satelital de verano de 2021 libre de nubes, empleando herramientas de software, hardware y metodologías derivadas de una tesis de maestría en Ecuador. La investigación consideró pasos esenciales como la revisión bibliográfica, recopilación y depuración de información geográfica, así como la evaluación de la exactitud de los datos. Los resultados confirmaron la utilidad de Google Earth Engine (GEE) como plataforma de libre acceso que

permite procesar grandes volúmenes de datos y exportar imágenes para ser trabajadas en sistemas de información geográfica, accesible incluso para usuarios con conocimientos básicos de programación. El autor concluye que GEE representa una herramienta poderosa para el análisis de Big Data y la percepción remota, con alto impacto en el estudio de las ciencias naturales, además de resaltar la importancia del desarrollo de capacidades en SIG e IDE mediante programas de formación continua y talleres virtuales, como parte de la estrategia nacional de gestión y difusión de la información geoespacial.

Sarasty (2022), en su estudio “Caracterización del sistema productivo de aguacate Hass (*Persea americana*): estudio de caso Los Tilos, región de Valparaíso, Chile”, Realizado en la Universidad de Chile. Tuvo como objetivo caracterizar el sistema productivo de aguacate bajo manejos convencional y agroecológico, y analizar su efecto en suelo y agua. La investigación aplicó la metodología de Planificación Agroforestal de Fincas con enfoque participativo mediante el Diagnóstico y Diseño Agroforestal (D&D). Los resultados mostraron que el manejo agroecológico, asociado a especies nativas, presentó similitudes con el bosque esclerófilo original y mayor disponibilidad de potasio en comparación con el sistema convencional, lo que evidencia que este enfoque contribuye a mejorar los servicios ecosistémicos y la sostenibilidad del cultivo.

Espinoza, (2021): “Estudio integral de suelos y pastos para generar un plan de fertilización en la finca espinos provincia Heredia, costa rica.” Las fincas espinosas Panamá. Sistema Integrado de Apoyo al Productor. Tuvo como objetivo planificación y manejo de cada una de estas áreas de manera más precisa y con el propósito de analizar integralmente los suelos y pasturas de la finca Espinos para diseñar un plan de fertilización sostenible. El estudio aplicó métodos geoestadísticos y espectrales, con apoyo de imágenes satelitales y de drones, además de 33 muestreos de campo y análisis de laboratorio, lo que permitió caracterizar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los resultados mostraron que los suelos poseen buena fertilidad natural, aunque deficientes en fósforo y zinc, lo que incide en el rendimiento de las pasturas. Se evidenció que el híbrido Transvala presentó el mayor rendimiento de materia seca (2,9 ton/ha/corte), seguido por Estrella y Brachipará, y que la disponibilidad

de forraje por animal fue variable según el bloque productivo. Asimismo, se detectaron correlaciones positivas entre la producción de biomasa y la materia orgánica, carbono y nitrógeno, mientras que cobre y manganeso mostraron efectos negativos. En conclusión, los suelos permiten un buen potencial productivo, pero el actual manejo de pastoreo intensivo y fertilización nitrogenada compromete la sostenibilidad; se recomienda ajustar las prácticas nutricionales, suplir deficiencias minerales y aprovechar la captura de carbono para mejorar la resiliencia ambiental de la finca.

Ortiz et.al (2021). Mapeo de cultivos de Cacao mediante software libre QField utilizando equipos Android para el proyecto SENA SGPS8548-CACAO. Revista Colombiana de Investigación Agroindustriales. Desarrollaron un formulario de captura de información espacial con dispositivos móviles Android para identificar y cuantificar a los productores de cacao en el departamento de Antioquia. Se compararon distintos métodos de captura de datos, señalando que los sistemas GNSS de alta precisión presentan limitaciones por su elevado costo, necesidad de personal especializado y requerimiento de posprocesamiento, frente a alternativas como Survey123 de ESRI y QField de QGIS. Los resultados demostraron que QField facilita la gestión de diferentes tipos de datos y capas base, permite trabajar sin conexión a internet y muestra en tiempo real la precisión del GPS, constituyéndose en una herramienta útil para la planificación agrícola y la toma de decisiones. No obstante, los autores concluyen que los formularios diseñados requieren una mejor estructuración y agrupación de variables para optimizar la captura de información en campo, aunque resaltan el potencial de la plataforma para adaptarse a nuevas necesidades de monitoreo agrícola.

Graterón V. (2020). *“Caracterización fisicoquímica y mineralógica de un suelo de uso agrícola ubicado en el campus El Limonal de la Universidad Santo Tomás, Piedecuesta”*. Desarrollado en el campus, El Limonal de la Universidad Santo Tomás, Piedecuesta, Colombia. Tiene como objetivo la “Caracterizar fisicoquímica y mineralógicamente un suelo de uso agrícola ubicado en el campus El Limonal de la Universidad Santo Tomás, Piedecuesta, para determinar el estado actual de nutrientes y condiciones químicas que afecten

el desarrollo de cultivo de cacao mediante técnicas analíticas y espectroscópicas” tuvo como propósito analizar de manera integral las condiciones químicas y minerales del suelo con miras a determinar su aptitud agrícola, especialmente para el cultivo de cacao. La investigación aplicó un enfoque descriptivo con muestreo en nueve puntos del área de estudio, tomando muestras a 20–30 cm de profundidad, que luego fueron secadas y sometidas a análisis de pH, humedad, textura, color, materia orgánica y mineralogía mediante difracción de rayos X. Los resultados evidenciaron una textura franco-arenosa y franco arcilloso-arenosa, un pH entre 5,1 y 7,0 adecuado para la disponibilidad de nutrientes, así como la presencia de minerales como caolinita, vermiculita y moscovita; sin embargo, el bajo contenido de humedad (14–31 % frente al 75–85 % requerido por el cacao) y la limitada materia orgánica condicionan negativamente su productividad. En conclusión, el suelo no es idóneo para el cacao en su estado actual y requiere un plan de manejo que incluya riego, aplicación de dolomita y fertilización balanceada, siendo este estudio un aporte fundamental para orientar un manejo sostenible que evite pérdidas económicas y mejore la rentabilidad agrícola.

Saavedra, et al. (2019). “Propiedades físicas y Químicas de suelos y su relación con sistemas de producción en el municipio campo alegre, departamento de huila, Colombia”. Realizado por el servicio nacional de aprendizaje Agroindustrial la angostura. Su objetivo fue evaluar cómo distintos sistemas productivos influyen en las características edáficas y su asociación con cultivos promisorios. La investigación se realizó en 13 unidades productivas representativas, donde se aplicó un muestreo sistemático de suelos entre junio y octubre de 2017, considerando variables como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, densidad aparente y porosidad, analizadas con métodos estandarizados y procesadas mediante ANOVA y análisis de agrupamiento jerárquico con el software InfoStat. Los resultados mostraron diferencias significativas entre unidades, destacando que el cacao y los sistemas agroforestales presentaron menores valores de densidad aparente y mejor aporte de hojarasca, mientras que el café evidenció mayor compactación. En conclusión, los autores afirman que las propiedades físicas y químicas del suelo

son heterogéneas y dependen del manejo agronómico de cada cultivo, siendo los sistemas diversificados (como cacao asociado con frutales y maracuyá) los que generan mejores condiciones para la conservación y calidad del suelo.

Endalkachew, (2018). “Characterization and classification of soils of yikalo subwatershed in lay Gayint District, Northwestern Highlands of Ethiopia”. Western Ethiopia, world for soil resource. Su objetivo es desentrañar las deficiencias en nuestra comprensión que las propiedades y los procesos del suelo tanto en el tiempo como el espacio. Dicho estudio se realizó con fines de calificar y clasificar los suelos de la subcuenca de Yikalo, en el distrito de Lay Gayint, al noroeste de Etiopía. Se abrieron pedones de suelo representativos a lo largo de posiciones topográficas y se describieron sobre la base de horizontes genéticos en el campo por sus características morfológicas y se analizaron en el laboratorio las propiedades físicas y químicas del suelo. Estas se clasificaron según lo estipula FAO (2014). Los resultados revelaron la presencia de variaciones en las propiedades morfológicas seleccionadas dentro de un pedón y a lo largo de las posiciones topográficas. Los suelos difirieron en reacción de 4,57 a 6,42. En los horizontes superficiales de los pedones de suelo, el contenido de P disponible varió de 0,21 a 3,25 mg kg⁻¹ mientras que la acidez intercambiable varió de 0,17 a 3,65 cm kg⁻¹ del suelo. No hubo una tendencia consistente para la aptitud de conmutación catiónica (CEC) y el PBS (Porcentaje de Saturación de la Base) con la hondura del suelo y las posiciones topográficas. Los suelos de la subcuenca de Yikalo se clasificaron como Cambisoles hiperdísticos (húmicos), Alisoles háplicos(húmicos), Umbrisoles cámbicos (colúvicos), Luvisoles háplicos (epidísticos) y Vertisoles pélicos (mesotróficos). Deben aplicarse dosis óptimas de enmiendas orgánicas e inorgánicas para reducir el nivel de acidez del suelo y aumentar la capacidad nivel de fertilidad de los suelos para así la producción y la productividad de los cultivos se vean incrementados.

Garrido A, (2017). “Caracterización Físicoquímica de los suelos agrícolas del distrito de riego del municipio de Repelón, Atlántico”. Realizado en la Universidad de la Costa. Tesis Doctorales, Pregrado. Planteó como objetivo analizar las propiedades físicoquímicas de los suelos agrícolas de la zona,

evaluando su variación y las relaciones entre los parámetros edáficos. La metodología se basó en pruebas estadísticas como Shapiro-Wilks, Kruskal Wallis y correlaciones de Spearman, complementadas con análisis de conglomerados y componentes principales para determinar asociaciones entre las variables de fertilidad. Los resultados mostraron que el distrito cuenta con cultivos semipermanentes y permanentes adaptados al clima tropical húmedo-seco, donde factores como la textura, humedad, salinidad y color del suelo resultaron determinantes en la fertilidad agrícola. Finalmente, se concluyó que, pese a las presiones por el uso del suelo y las condiciones ambientales, los suelos del Distrito de Repelón mantienen una adecuada calidad y potencial productivo, favorecidos por su alta proporción de arcilla y buena capacidad de intercambio catiónico, lo cual los convierte en un recurso estratégico para la sostenibilidad agrícola de la región

Méndez, et al. (2008). “Análisis de suelo, foliar y de calidad del agua para el cultivo del aguacatero”. Se desarrollo en la Universidad Nacional de México. Propuso como objetivo evaluar el estado nutricional del aguacate a partir de la caracterización física y química del suelo, el análisis foliar y la calidad del agua de riego. La investigación se llevó a cabo mediante muestreos de suelo y hojas, junto con pruebas de laboratorio para identificar niveles de nutrientes y parámetros de fertilidad, además de análisis fisicoquímicos del agua. Los resultados evidenciaron deficiencias significativas de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, así como de algunos micronutrientes esenciales, mientras que la calidad del agua utilizada en riego fue considerada adecuada para el cultivo. En conclusión, el estudio resalta la necesidad de implementar planes de fertilización correctiva y un manejo nutricional integral para mejorar la productividad del aguacate, aprovechando la buena calidad del agua como un factor favorable.

2.1.2. Nacionales

Andia H. (2025). “Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica” Realizado en la universidad Nacional San Luis

Gonzaga. La investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill.), variedad Hass, en la zona de Ticrapo – Huancavelica. La metodología consideró análisis físico-químicos de suelos agrícolas y la determinación de metales pesados en suelo, hojas, tallos, raíces y frutos, utilizando como herramienta principal el espectrofotómetro de absorción atómica (EAA). Los resultados mostraron que los suelos presentan textura franco y franco-arcillosa, adecuadas para el crecimiento del palto, sin limitaciones físicas significativas. Sin embargo, el cadmio (Cd) en el suelo agrícola excedió los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental (1,31–2,02 mg/kg), evidenciando contaminación, mientras que otros metales pesados se encontraron en trazas que no superaron los valores de referencia del ECA (MINAM, 2017) ni del Codex Alimentarius. Se concluye que el manejo ambiental y agrícola en la zona requiere medidas de mitigación y monitoreo, a fin de reducir el riesgo de acumulación de metales pesados y garantizar la sostenibilidad del cultivo.

Bedoya y Julca (2025), en el estudio Comportamiento del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en “fincas tipo” en Moquegua, Perú, publicado en la Revista de Investigaciones Altoandinas, evaluaron el desarrollo del cultivo en cinco fincas representativas mediante análisis de caracterización, monitoreando 50 plantas al azar en cada finca durante una temporada. Se midieron propiedades físicas y químicas del suelo, presencia de enfermedades, calibre de frutos y rendimiento, determinándose que la mayor productividad correspondió a la variedad Hass en la “finca tipo” II con 8.1 t/ha, mientras que la variedad Fuerte alcanzó su mayor rendimiento en la “finca tipo” V con 4.8 t/ha. Asimismo, se observó que la variedad Hass presentó frutos de mayor calibre, aunque con mayor incidencia de *Lasioidiplodia theobromae* debido a su menor tolerancia al estrés hídrico; en tanto que la variedad Fuerte mostró frutos de menor calibre, pero con mayor incidencia de *Phytophthora cinnamomi*, asociada a su baja tolerancia a la alta densidad aparente del suelo. En general, los suelos presentaron bajos niveles de materia orgánica (0.28–1.66%), pH neutro y alta densidad aparente (>1.21 g/cc), concluyéndose que la variedad Hass se posiciona como la de mayor crecimiento en Moquegua por sus

rendimientos superiores, mientras que la variedad Fuerte conserva importancia por características distintivas en sus frutos.

Díaz et al. (2021). “Aplicación de GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible”. Realizado en la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. La investigación tuvo como objetivo reemplazar las técnicas tradicionales por soluciones basadas en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para la gestión edafoclimática. La metodología se desarrolló en dos etapas: gabinete y campo, utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre Quantum GIS (QGIS), que permite trabajar con formatos ráster y vectoriales mediante las bibliotecas GDAL y OGR. Se generó una base de datos integrada con 104 mapas detallados, que representan espacialmente la caracterización de zonas estratificadas donde se realizaron calicatas y posteriores análisis físicos, químicos y biológicos de los horizontes edáficos en laboratorio. Los resultados evidenciaron que la información edafoclimática obtenida constituye una herramienta de microzonificación en detalle, orientadora para la planificación de cultivos según las potencialidades nutricionales, fisiográficas y climáticas de los suelos segmentados en sectores productivos. En conclusión, la creación de la base de datos en QGIS permitió integrar información geomorfológica, capacidad de uso y características del suelo, contrastándola con los actuales usos de la tierra, lo que favorece un análisis espacial y temático más preciso para el ordenamiento productivo.

Antonio J. (2023). “Manejo de propiedades físicas del suelo para recuperar huertos de palto (*Persea Americana MILL*) en estado de decaimiento en chincha”. Se realizó en la Universidad Nacional Agraria la Molina. Tuvo como objetivo identificar estrategias agronómicas que mejoren las propiedades físicas del suelo para recuperar huertos en decaimiento. La metodología incluyó el cálculo de la porosidad total mediante el software SPAW y fórmulas físico-matemáticas, con lo cual se estimaron frecuencias de riego cada 6 a 7 días y volúmenes de entre 199,2 y 232,4 m³ ha⁻¹. Los resultados evidenciaron que los principales factores del decaimiento en paltos son los desbalances hídricos,

déficit de oxígeno en el suelo, compactación, salinidad y deficiencia de nutrientes, siendo el desbalance hídrico el más influyente en la reducción de productividad. Se concluye que la gestión adecuada del agua y la mejora de las condiciones edáficas son claves para la recuperación de huertos de palto afectados

Córdova (2019), en su investigación titulada “*Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor, del sector Cruz Lomas, provincia de Luya, Amazonas – Perú*”, Desarrollada en la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias. Tuvo como objetivo ejecutar la clasificación técnica de tierras según su capacidad de uso mayor en dicho sector. La metodología se basó en lo establecido en el D.S. N.º 017-2009, Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, de aplicación nacional en el contexto agrario, la zonificación ecológica económica y el ordenamiento territorial. El proceso incluyó recopilación y análisis de información, caracterización del terreno, muestreos de campo, análisis de laboratorio y procesamiento de datos conforme a las normas y reglamentos vigentes en el país. En cuanto a resultados, fisiográficamente el área se caracteriza por pertenecer a una sola provincia fisiográfica, la zona Subandina de la Cordillera de los Andes, y a una unidad climática de tierras cálidas a templadas. La clasificación de unidades fisiográficas se realizó sobre la base de paisajes y subpaisajes, considerando como criterio principal la pendiente predominante del terreno. En conclusión, el estudio permitió establecer categorías de uso mayor que orientan el aprovechamiento sostenible de los suelos del sector Cruz Lomas. Estos resultados constituyen una herramienta técnica fundamental para la planificación agrícola y forestal, así como para apoyar los procesos de ordenamiento territorial y toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales de la provincia de Luya.

Delpero, (2023). “Manejo de propiedades físicas del suelo para recuperar huertos de palto (*Persea americana mill.*) en estado de decaimiento en chincha” Desarrollada en la Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de agronomía, departamento académico de suelos. El objetivo del estudio es romper las capas duras en zonas donde se han plantado aguacates y aumentar el reparto

del tamaño de los poros (aumentar la macroporosidad), la suficiencia de propagación de gases y aumentar la permeabilidad de los mismos. La metodología fue implementar diferentes programaciones de riego para promover la relación agua/oxígeno del suelo, donde se tiene que ver mucho el cuidado y control de la cantidad de agua en el suelo, por otro lado, el correcto uso de los equipos para la correcta funcionalidad del riego por el método de goteo, y las tácticas de incorporación de abonos orgánicos al suelo esto juntamente con la práctica del “mulching.”. Las conclusiones de este estudio son que muchos factores inciden en el declive de los jardines de *persea americana*, tales como el equilibrio hídrico, la deficiencia de oxígeno del suelo, la alta compactación del suelo, la deficiencia de macro y micronutrientes, el suelo alcalino, las diferentes condiciones climáticas, etc.; La falta de agua en el suelo, que es la causa principal, los síntomas más notorios en las parcelas del paltos son: raíces débiles o son pocas la presencia de ellas, hojas de color amarillo verdoso dobladas hacia el suelo, flujo abundante de flores, caídas en exceso de los frutos (todo esto a finales de primavera y/o verano), defoliación estacional de brotes, quemaduras solares en frutos, árboles de hoja caduca con floración intensa, frutos de bajo calibre, árboles terminales quemados, bajo rendimiento productivo, aumento de alteraciones fisiológicas y aumento de infestaciones de *Lasioidiplodia theobromae* y *Phytophthora cinnamomimimio*

Juárez, F & Gomero, L (2023). “Sostenibilidad del cultivo Palto (*Persea americana*) en el centro poblado Santa Rosalía, Huaura Lima”. Realizado en la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. Estableció como objetivo determinar la sostenibilidad en tres dimensiones (ambiental, económica y social), en tres fundos agrícolas de palto en el Centro Poblado Santa Rosalía. En este estudio, se evaluó la sostenibilidad de tres fondos agrícolas con distintos sistemas de producción: un fondo orgánico (FO) y dos convencionales (FC1 y FC2), ubicados en el Centro Poblado Santa Rosalía, en Huaura, Lima. Para ello, se aplicó la metodología MESMIS, identificando puntos críticos y construyendo cinco indicadores por dimensión (ambiental, económica y social). Estos indicadores fueron valorados en una escala del 1 al 4, con referencia a parámetros óptimos establecidos, y representados en gráficos radiales. Los

resultados mostraron que el fondo orgánico obtuvo un mejor desempeño en sostenibilidad ambiental en comparación con los convencionales, mientras que, en las dimensiones económica y social, los tres fondos alcanzaron niveles sostenibles. No obstante, se identificaron puntos críticos que, con mejoras en su gestión, podrían optimizar aún más los resultados.

Felles & García, (2022). “*Factores Físicos y Técnicos que influyen en el rendimiento de Palto orgánico (Persea americana Mill.), en Perú*”. Elaborado en la Universidad nacional José Faustino Sanches Carrión. Facultad de ing. Agronómica. Su Objetivo establecido fue describir el contexto físico en el cual se desarrollan los sistemas de producción de palto orgánico en las provincias de Huaura y Barranca. Región Lima-Perú, e identificar los factores técnicos que influyen en su rendimiento. Su propósito fue describir el contexto físico en el que se cultiva el aguacate orgánico y determinar los factores técnicos que afectan su desempeño. El método aplicado se basa en realizar encuestas a aquellos productores que cuentan con certificación Orgánica y así también a 3 empresas proveedoras. Los resultados mostraron que los factores con alta correlación positiva con el rendimiento fueron las dos dosis aplicadas de N, P, K y el número de pruebas de aplicación foliar.

Chaupis, S. (2022) “Tipos y dosis de residuos orgánicos agroindustriales en la obtención de patrones de *Persea americana* (palto) en dos tipos de suelos”. Universidad Nacional Agrarias de la Selva. Repositorio Institucional UNAS. El estudio evaluó el impacto del uso de residuos agroindustriales en la producción de patrones de palto en suelos franco arcilloso y franco arenoso. Se aplicaron 14 tratamientos en el vivero “El Agrónomo” de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando un diseño completamente al azar. Los resultados indicaron que la cascarilla de arroz y cacao mejoraron la fertilidad del suelo y el desarrollo de las plantas. En suelo franco arcilloso, la cascarilla de arroz incrementó los niveles de N, P₂O₅, Mg y K, mientras que, en suelo franco arenoso, la cascarilla de cacao elevó significativamente el contenido de N, P₂O₅, Ca, Mg y K. El mejor desempeño en crecimiento se obtuvo con T12 (suelo arenoso + 30% cascarilla de cacao), registrando mayor altura, diámetro de tallo, peso fresco y seco, área foliar y número de hojas. En términos económicos, los tratamientos más

rentables fueron T10 (10% cascarilla de cacao) y T11 (20% cascarilla de cacao), con una relación costo-beneficio de 2,53 y 2,20 soles, respectivamente. En conclusión, el uso de estos residuos no solo mejoró la calidad del sustrato y el desarrollo de las plantas, sino que también representó una alternativa sostenible y rentable para la producción de patrones de palto, reduciendo el impacto ambiental generado por la quema de estos materiales.

Guerrero (2019), “Estudio geomorfológico y edafológico en el desarrollo de *Persea americana* (Lauraceae), *Asparagus officinalis* (Asparagaceae) y *Saccharum officinarum* (Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú”, Realizado en la Universidad Nacional de Trujillo-Perú. Tuvo como objetivo realizar un análisis geomorfológico y determinar el potencial agrícola de los suelos utilizando estas especies como indicadores. La metodología se basó en las instrucciones del *USDA Soil Survey* y en los principios de clasificación de suelos aplicados en el Perú, mediante la descripción e identificación de terrenos a partir de información satelital y de campo. El estudio contempló tres áreas de prueba: a) colinas costeras grandes y aisladas, b) pampas boscosas y c) flancos occidentales de cadenas montañosas. Se identificaron grupos edáficos como fluvisoles, regosoles y litosoles. Los resultados evidenciaron que los suelos de la zona corresponden en su mayoría a riegos aluviales, con buen drenaje y condiciones favorables para la agricultura; sin embargo, en el valle de Moche se detectaron problemas de salinidad excesiva y deficiente drenaje, lo que limita el uso agrícola en determinadas áreas

Ataucusi, S. (2015). “*Manejo técnico del cultivo de palta*” Realizado por PRA Buenaventura. Su objetivo fue fortalecer las capacidades técnicas de los productores de palta en Arequipa de manera sostenible, brindando asistencia técnica personalizada y capacitaciones en campo. El programa proporciona información detallada sobre cada etapa de la cadena productiva, incluyendo el manejo agronómico del cultivo (tipo de suelo, clima, floración, densidad de siembra, riego y fertilización) y el control adecuado de plagas. Asimismo, se destacan las mejores prácticas para la cosecha y postcosecha. Como parte de esta estrategia, el programa PRA-Buenaventura impulsa la producción de palta mediante asistencia técnica, facilitando la articulación comercial, el acceso a

financiamiento y la mejora tecnológica, asegurando así la sostenibilidad de los negocios en su área de influencia. En este marco, se ha desarrollado el manual “Manejo Técnico del Cultivo de palta”, que sirve como una herramienta clave para optimizar la producción. En conclusión, el programa se basa en un portafolio de negocios enfocado en potenciar las actividades productivas de cada zona, destacando el cultivo de palta como una de sus principales iniciativas en Arequipa.

2.1.3. Locales

Quispe, J. et al. (2024). “Ajuste osmótico y rendimiento de dos variedades de palta (*Persea americana*), Hass y fuerte, con sistema de riego por goteo, en zona andina del Perú”. Publicado en la Universidad Nacional Ciencias de Trujillo. Ciencias Agropecuarias. El estudio tuvo como propósito analizar el impacto del riego tecnificado por goteo en la producción y rendimiento de las variedades de palta Hass y Fuerte. Para ello, se empleó un sistema de riego programado en parcelas de 500 m² distribuidas en seis sectores, con una densidad de plantación de 5 x 5 m y árboles de entre 5 y 16 años de edad. Se seleccionaron 12 plantas, de las cuales seis recibieron riego por goteo y seis fueron utilizadas como testigo con riego por gravedad. La aplicación del agua se realizó durante la etapa de floración y producción, asegurando un suministro adecuado en épocas de déficit hídrico entre febrero y junio de 2022. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis bloques de 20 plantas cada uno. Los resultados de la cosecha mostraron que el rendimiento bajo riego tecnificado alcanzó 67.96 ± 8.8 t/ha, mientras que con riego por gravedad fue de 26.42 ± 4.93 t/ha, representando un aumento del 157%. En cuanto a las variedades, la palta Fuerte presentó un mayor rendimiento (49.38 ± 23.06 t/ha) en comparación con la variedad Hass (45.0 ± 21.14 t/ha), siendo el valor máximo registrado con riego por goteo en la variedad Fuerte (71.09 ± 8.38 t/ha). Esto se debe a la menor inversión de energía en el ajuste osmótico, lo que afecta significativamente el potencial de rendimiento cuando se utiliza riego tradicional por gravedad, obteniendo un mínimo de 25.18 ± 4.44 t/ha en Hass. Por otro lado, los suelos analizados fueron de origen aluvial, con horizontes de profundidad A (15-20 cm), B (20-40 cm) y C (40-75 cm). Su textura varió entre franco y franco

arcilloso, con un pH de 7.5 a 8.0, clasificándose como medianamente alcalinos. La conductividad eléctrica se encontró dentro de rangos normales, sin restricciones para el cultivo, mientras que el contenido de materia orgánica fluctuó entre niveles bajos y altos, por lo que se recomienda la aplicación de 4 a 5 t/ha para optimizar la fertilidad del suelo.

Guillen J. (2024). “Técnica del elemento faltante en la evaluación de la fertilidad del suelo con cultivo de palto (*Persea americana* Mill.), en Churcampa – Huancavelica, 2021”. Realizado en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. En 2021 se realizó un estudio en el distrito de Churcampa, Huancavelica, con el objetivo de evaluar la fertilidad de los suelos con cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) mediante la técnica del elemento faltante. Se aplicaron diferentes categorías de análisis de suelo, que incluyeron parámetros de fertilidad como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y disponibilidad de potasio, así como análisis de caracterización y análisis especiales que permitieron identificar cationes intercambiables, carbonatos, textura, coeficientes hídricos y microelementos. Los resultados demostraron que la omisión de nutrientes esenciales como N, P, K, Ca, Mg, S y microelementos redujo significativamente la producción de materia seca en macetas, evidenciándose que las principales deficiencias nutricionales en los suelos evaluados corresponden al nitrógeno, fósforo y microelementos, en ese orden de importancia (N>P>ME>K>S>Ca>Mg). Asimismo, se determinó que los suelos de palto en Churcampa presentan conductividad eléctrica de bajo a medio, capacidad de intercambio catiónico de media a alta y elevados niveles de carbonato de calcio, condiciones que limitan la disponibilidad y absorción de nutrientes por parte del cultivo.

Palomino, E (2013) “Análisis de los sistemas productivos y de comercialización del cultivo de palto (*Persea americana*) en el valle de Luricocha-Distrito de Luricocha- Huanta-Ayacucho”. Realizado en la Universidad Nacional de Huancavelica. Publicado en el Repositorio Institucional de la UNH. Su objetivo fue identificar los sistemas de producción y los flujos de comercialización del cultivo de palto en el valle de Luricocha, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, Ayacucho, utilizando un enfoque

descriptivo basado en encuestas. Se determinó que la zona presenta condiciones ambientales favorables para el cultivo, aunque con deficiencias en el suministro de agua y la ausencia de una organización productiva. Las principales variedades cultivadas son Fuerte y Hass, siendo esta última la más rentable debido a su mayor precio en el mercado. Se identificaron cinco tipos de productores según factores como la extensión de los campos, el ingreso anual, la producción y el número de plantas en producción. El análisis económico reveló que la variedad Hass tiene una relación beneficio/costo (B:C) de 1.5, lo que indica una buena rentabilidad, mientras que la variedad Fuerte presenta una relación B:C de 0.83, mostrando que su producción no es rentable. Además, se determinó que los suelos en Luricocha son pobres en materia orgánica, con textura franco arcillosa y un pH entre 5.5 y 7.5, lo que requiere una fertilización intensiva con macronutrientes como potasio, nitrógeno, magnesio y calcio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sectorización del suelo

La sectorización de suelos se fundamenta en la comprensión de los factores que determinan su formación y variabilidad espacial. Desde los aportes iniciales de Dokuchaev (1883), considerado el padre de la edafología, se reconoce que el clima, el relieve, el material parental y la edad condicionan el desarrollo y diferenciación de los suelos en el paisaje. Posteriormente, Jenny (1941) formalizó esta idea mediante su modelo CLORPT, el cual explica que las propiedades edáficas resultan de la interacción del clima (cl), los organismos (o), el relieve (r), el material parental (p) y el tiempo (t). Este enfoque fue ampliado por McBratney et al. (2003) con el modelo SCORPAN, incorporando el suelo previo (s), las condiciones climáticas (c), los organismos (o), el relieve (r), el material parental (p), la edad (a) y la posición espacial (n), constituyendo la base conceptual del mapeo digital de suelos.

En la actualidad, la sectorización se entiende como un proceso apoyado en técnicas de cartografía digital que integran información edáfica, climática y espacial mediante herramientas geoespaciales, como señalan Kienast-Brown et al. (2017), quienes destacan la importancia del Digital Soil Mapping para

delimitar zonas homogéneas con fines agrícolas y de manejo sostenible. Un ejemplo práctico es el trabajo de Yuzugullu et al. (2020), quienes emplearon imágenes satelitales y algoritmos de aprendizaje automático para zonificar suelos agrícolas y predecir propiedades edáficas como pH, materia orgánica y textura, demostrando el potencial de la teledetección en la precisión y eficiencia del proceso.

2.2.2. *Sectorización con mapas temáticos*

De acuerdo con la Asociación Internacional de Cartografía, un mapa temático se define como aquel elaborado con el propósito de representar aspectos o conceptos específicos, diferenciándose de los mapas topográficos, que no se incluyen dentro de esta categoría en su uso habitual, Córdova (2019). La zonificación de tierras considerando factores como el clima, la topografía, el suelo y el relieve resulta determinante en la producción de distintos cultivos. En este sentido, los sistemas de información geográfica permiten clasificar y representar espacialmente áreas de cultivo mediante datos georreferenciados, además de contribuir a mejorar la productividad a través de la aplicación de prácticas de gestión más eficientes, Castillo-Díaz et al. (2021)

2.2.3. *Tecnologías aplicadas a la sectorización de suelos*

2.2.3.1. *Sensoramiento remoto.*

La teledetección se presenta como una tecnología clave para evaluar las variaciones espaciales y temporales en la estructura morfológica y el estado fisiológico de los cultivos, ofreciendo al mismo tiempo un soporte valioso para la optimización de las prácticas de agricultura de precisión, Yu et al. (2022). En los países desarrollados se observa un crecimiento progresivo en la aplicación de las TIC, la teledetección, los sistemas de información geográfica (GIS) y el GNSS dentro del sector agrícola, Castillo-Díaz et al. (2021).

Los sensores remotos constituyen dispositivos de recolección de información que no requieren contacto físico directo, y cuyas características varían de acuerdo con el objetivo de uso. En el ámbito agrícola, suelen emplearse

para medir la radiación electromagnética, lo que permite identificar cambios morfológicos, fisiológicos y químicos en las plantas. Entre sus aplicaciones más frecuentes en la agricultura de precisión destacan el monitoreo de la humedad del suelo, la evaluación del estado nutricional de los cultivos, así como la detección de plagas y enfermedades, Uribe (2025)

2.2.3.2. Drones.

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) tienen antecedentes históricos desde mediados del siglo XIX, cuando se emplearon globos aerostáticos con fines militares. Sin embargo, su incorporación a la agricultura comenzó a consolidarse a partir de los años 2000, gracias a los avances tecnológicos que abarataron costos y facilitaron su uso. Para 2019, un dron agrícola junto con sensores especializados y software de procesamiento de imágenes podía adquirirse por menos de 30 mil dólares, lo que aceleró su adopción en el sector. Actualmente, la información captada por los sensores de los UAV puede procesarse directamente en la nube, eliminando la necesidad de equipos y programas costosos en campo. El flujo de trabajo básico incluye la planificación de la misión, la captura de imágenes, su procesamiento y la generación de datos útiles, los cuales pueden emplearse en investigaciones o integrarse en sistemas de agricultura de precisión para optimizar la producción, Olson y Anderson (2021)

La agricultura de precisión se ha consolidado como un modelo innovador de gestión agrícola, considerado la base de la “granja del futuro”, ya que emplea tecnologías digitales para monitorear y optimizar los procesos productivos. Este enfoque busca gestionar de manera eficiente la variabilidad espacial y temporal que influye en la agricultura, vinculada al rendimiento, el estado de los suelos, las condiciones del cultivo, las características del campo y la forma de administrar los recursos. Su finalidad es mejorar la productividad y calidad de los alimentos, reducir costos y minimizar el impacto ambiental mediante un uso más racional de insumos como el agua, fertilizantes y pesticidas. Para alcanzar estos objetivos, se utilizan herramientas como drones, sensores, sistemas de navegación y posicionamiento satelital, además del Internet de las cosas, que en

conjunto permiten una agricultura más precisa y sostenible. La adopción de estas tecnologías brinda a los agricultores la posibilidad de ahorrar recursos, aumentar la eficiencia de sus operaciones y garantizar una mayor salud y productividad de los cultivos. Actualmente, esta práctica se aplica a diferentes especies, entre ellas arroz, maíz, trigo, cebada, papa, soja, cítricos y olivo, convirtiéndose en una estrategia clave para responder a la creciente demanda alimentaria global. Singh et al. (2022)

Las aeronaves tripuladas permiten cubrir extensas superficies, aunque su alto costo limita su uso habitual. Por su parte, los sensores portátiles ofrecen gran exactitud, pero solo abarcan áreas muy reducidas en comparación con la teledetección aérea. En este contexto, los vehículos aéreos no tripulados (UAV) se han popularizado en aplicaciones agrícolas debido a su capacidad de monitorear grandes extensiones en poco tiempo, su independencia frente a la nubosidad, la flexibilidad en cuanto a ubicación y horario, y su menor costo. No obstante, el uso de UAV también presenta desafíos, como la pérdida de calidad de los datos por variaciones de iluminación, la necesidad de recolectarlos preferentemente alrededor del mediodía, las restricciones del espacio aéreo y la imposibilidad de operar bajo condiciones climáticas adversas Olson y Anderson (2021).

2.2.3.3. Imágenes satelitales.

Una imagen satelital puede entenderse como la representación gráfica obtenida a partir de los datos capturados por un sensor instalado en un satélite artificial. Dichos sensores registran la radiación reflejada por la superficie terrestre y posteriormente la transmiten a la Tierra, donde la información es procesada y transformada para su adecuada interpretación, Córdova (2019). Para obtención de una imagen satelital depende de sensores capaces de registrar la energía reflejada o emitida por la superficie terrestre, los cuales deben estar instalados en plataformas satelitales que garanticen, bajo determinadas condiciones, la calidad de la información captada, Torrusio et al. (2025). Así como también, la teledetección puede llevarse a cabo mediante distintas plataformas, como satélites, aeronaves tripuladas o incluso sensores portátiles.

No obstante, el uso de satélites presenta ciertas limitaciones, entre ellas la baja resolución, la interferencia causada por la nubosidad y las restricciones relacionadas con el posicionamiento y el momento de captura.

2.2.3.4. Sistema de información geográfica GIS/SIG.

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) constituyen plataformas tecnológicas que integran, gestionan y analizan información espacial proveniente de diversas fuentes, como imágenes satelitales, fotografías aéreas y cartografía digital en formatos vectoriales (puntos, líneas, polígonos) o ráster. Estos datos se organizan en bases georreferenciadas que permiten su procesamiento y representación en mapas temáticos. Los SIG son aplicados en múltiples ámbitos, entre ellos la gestión del riesgo de desastres, el monitoreo de cambios en la cobertura y uso del suelo, la planificación territorial y urbana, el ordenamiento energético y el análisis de procesos de deforestación, Palomino et al. (2018)

Los SIG surgen como respuesta a la necesidad de gestionar datos espaciales de manera eficiente, ofreciendo soluciones a problemáticas de carácter geográfico y facilitando la transferencia de información. Se definen como plataformas computacionales que permiten la captura, almacenamiento, procesamiento, representación y salida de datos espaciales como mapas, junto con atributos descriptivos, ajustados a requerimientos específicos. Asimismo, se conciben como la integración de software y hardware que posibilita la manipulación de entidades con propiedades espaciales y atributos asociados. El análisis de esta información tiene un marcado carácter multidisciplinario, pues integra elementos heterogéneos como suelos, uso y cobertura de la tierra, vegetación, así como estadísticas demográficas. Estos datos, además, suelen provenir de diversas escalas y sistemas de referencia, y presentarse en múltiples formatos, entre ellos textos, cartografía, tablas e imágenes obtenidas mediante sensores remotos, Córdova (2019).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta fundamental en la agricultura, pues permiten integrar y gestionar información espacial para apoyar la planificación y el manejo de los cultivos. Su

aplicación se complementa con el uso de Tecnologías de la Información y Comunicación, la teledetección y los sistemas GNSS, cuyo empleo se expande progresivamente en los países con mayor desarrollo tecnológico. En este contexto, la interacción entre suelo y clima posibilita la delimitación de zonas edafoclimáticas que favorecen la gestión eficiente de los recursos. Asimismo, la zonificación del territorio considerando factores como topografía, relieve, clima y suelo resulta determinante en el rendimiento de los cultivos. De igual forma, los SIG facilitan la clasificación y el mapeo de áreas agrícolas mediante datos georreferenciados, contribuyendo a optimizar la productividad a través de prácticas de gestión más sostenibles, Castillo-Díaz et al. (2021)

La integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con la teledetección permite comprender la dinámica espacio-temporal del territorio a través de la amplia información que proporcionan las imágenes satelitales y aéreas. El desarrollo constante de estas tecnologías facilita la identificación de transformaciones en el suelo y en su cobertura, posibilitando además reconocer patrones y tendencias asociados a problemáticas ambientales, en gran medida originadas por la actividad humana, Pinos (2025)

2.2.3.5. Qgis.

QGIS es una de las plataformas de sistemas de información geográfica (SIG) de código abierto más utilizadas (Equipo de Desarrollo de QGIS, 2022). Dentro de este entorno, el complemento SZ ofrece un conjunto de herramientas que permiten realizar tareas de preprocesamiento, generación de mapas y validación de susceptibilidad. Asimismo, este plugin incorpora rutinas de visualización gráfica que facilitan la interpretación de los componentes del modelo y permiten evaluar su capacidad de predicción frente a información no conocida, Titti et al. (2022)

Por otro lado, facilita la administración, el análisis y la representación de datos espaciales, ofreciendo una comprensión más detallada del entorno. Se calcula que cerca del 80 % de la información disponible posee algún componente geográfico, como pueden ser direcciones, predios o cruces de caminos. Aunque estos datos contienen patrones y relaciones significativas, resulta necesario el

uso de herramientas SIG para poder identificarlos y aprovecharlos de manera eficiente, Graser et al. (2025)

2.2.3.6. ArcGIS.

ArcGIS se reconoce como una plataforma geoespacial completa, ampliamente utilizada por profesionales y organizaciones, considerada una de las principales tecnologías dentro de los sistemas de información geográfica (SIG). Esta herramienta de TI ha demostrado ser eficaz para identificar patrones, vínculos y contextos espaciales, lo que brinda soporte a la elaboración de mapas y al análisis aplicado en procesos científicos, operativos y empresariales en diversos sectores. La plataforma integra datos, mapas, aplicaciones y usuarios, permitiendo que las instituciones optimicen la toma de decisiones a partir de información confiable. Sus herramientas hacen posible visualizar, recopilar, modificar, analizar y administrar distintos tipos de información espacial en 2D, 3D y 4D. Su diseño posibilita que cualquier miembro de una organización pueda acceder, crear, utilizar y compartir mapas desde distintos dispositivos y en cualquier ubicación. Además, ArcGIS ofrece un alto nivel de adaptabilidad, ya que sus funciones pueden implementarse bajo diferentes modalidades, lo que amplía el alcance y la utilidad de los SIG dentro de una entidad. (*Introduction To ArcGIS | ArcGIS Architecture Center, s. f.*).

2.2.3.7. Google Earth.

Google Earth es uno de los sistemas de información geográfica más accesibles y sencillos de emplear, lo que lo convierte en una herramienta de gran utilidad para explorar y comprender diferentes fenómenos presentes en la superficie terrestre. Su aplicación se ha extendido ampliamente en investigaciones sobre paisajes y procesos geomorfológicos, incluyendo el estudio de canales, costas, dunas, cárcavas, zonas desérticas y formaciones de permafrost. Del mismo modo, ha sido utilizado en disciplinas vinculadas al análisis del terreno, como el mapeo de erosión, la geomorfología fluvial, la evaluación geoespacial, la cartografía de coberturas del suelo y el análisis de deslizamientos, consolidándose como una plataforma versátil para la observación y el estudio del espacio geográfico, Jaeger (2024).

2.2.4. Caracterización del suelo

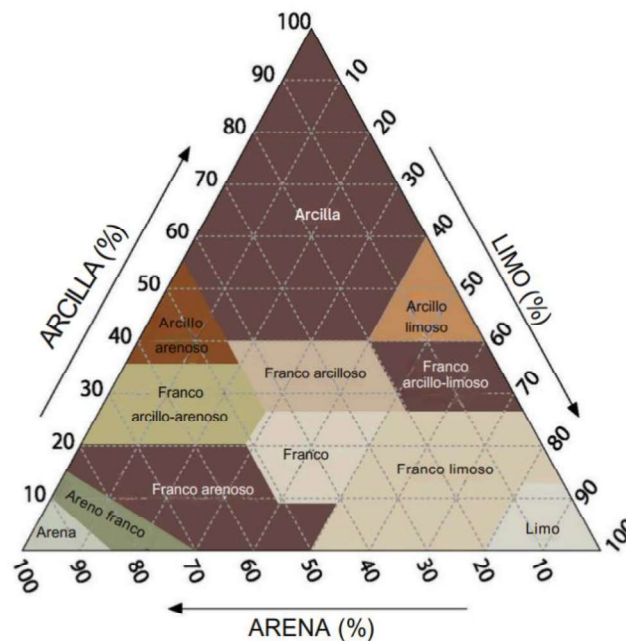
2.2.4.1. Caracterización física.

Incluye textura (hidrómetro o láser), densidad aparente, porosidad total, humedad gravimétrica/volumétrica, estabilidad de agregados, conductividad hidráulica, estructura y consistencia (Hillel, 2004). Estos atributos condicionan aireación, retención de agua y penetración radicular, por lo que son críticos para frutales como palta con requerimientos de buen drenaje y aireación de la rizosfera (Brady & Weil, 2016).

a. Textura

Figura 1

Triangulo de Textura de Suelo USDA



Nota: El triángulo de textura del suelo se utiliza para determinar el nombre de la textura del suelo. Hay 12 clases texturales de suelo. Este triángulo se usa para que términos como "arcilla" o "franco" siempre tengan el mismo significado. Cada textura corresponde a porcentajes específicos de arena, limo o arcilla.

La textura del suelo se refiere a la proporción de partículas de distintos tamaños dentro de un volumen de tierra. En laboratorio, se puede determinar mediante métodos como el AS-09 de la Semarnat, obteniendo los porcentajes de arena, limo y arcilla, los cuales se representan en un triángulo textural para identificar la clase del suelo. En campo, esta propiedad se evalúa mediante la prueba táctil, humedeciendo una pequeña muestra hasta alcanzar una consistencia adecuada y moldeándola entre los dedos para observar plasticidad, consistencia y granulometría. La arcilla se percibe pegajosa y moldeable, el limo es suave, ligeramente adherente y con sensación harinosa, mientras que la arena se siente granulosa, seca y difícil de moldear, sin adherirse a los dedos. Esta técnica permite estimar de manera rápida la textura del suelo y su comportamiento frente al agua y los nutrientes, Bautista et al. (2023).

b. Estructura

La estructura del suelo describe cómo se agrupan las partículas formando agregados o “peds”, producto de los procesos de formación del suelo. Esta propiedad influye directamente en la retención de agua, la temperatura del suelo, la circulación de aire, la actividad biológica y la erosión. Para analizarla en campo, se recomienda que el suelo esté seco o ligeramente húmedo; se selecciona un terrón representativo de varias secciones del horizonte y se observa su forma, tamaño, estabilidad y grado de agregación. En suelos sin agregados, la estructura puede presentarse como granos sueltos, masa compacta o láminas. Cuando existen agregados, estos pueden formarse por acción biológica (granular o bloques subangulares), procesos físicos abióticos (bloques angulares, prismas, columnas o láminas) o mediante fragmentación y compactación, dando lugar a estructuras laminares, grumosas, tipo migajón o terrones fragmentados, Bautista et al. (2023).

c. Densidad

La densidad aparente del suelo corresponde a la masa de suelo seco por unidad de volumen, considerando tanto los sólidos como los espacios porosos. Esta propiedad es esencial para determinar la cantidad de suelo fino expresada en kg m^{-2} o t ha^{-1} , lo que permite calcular el balance de agua y nutrientes, además

de influir en la permeabilidad y la profundidad útil para el crecimiento de las raíces. Valores elevados de densidad aparente pueden limitar el desarrollo radicular, disminuir la infiltración de agua, reducir la aireación y reflejar alteraciones causadas por la actividad humana, como la formación de un piso de arado, Bautista et al. (2023).

d. Porosidad

El espacio poroso del suelo cumple funciones clave en la dinámica del agua, el aire y el desarrollo de las raíces, dependiendo principalmente del tamaño y la distribución de los poros. Los macroporos, también llamados poros de transmisión, se originan por procesos bióticos, contracciones y grietas, presencia de hielo o labores de labranza, siendo esenciales para la circulación del aire y el drenaje, aunque muy sensibles al manejo y uso del suelo. Los mesoporos o poros de retención, en cambio, se forman por microfisuras, ciclos de congelamiento y descongelamiento o colapso de macroporos, y resultan fundamentales en el almacenamiento de agua disponible para las plantas, influidos principalmente por la textura y la mineralogía, más que por la gestión agrícola. Finalmente, los microporos, denominados poros residuales, provienen de la contracción de la matriz y suelen permanecer saturados, sin disponibilidad para microorganismos, aunque útiles en procesos como el secuestro de carbono. En general, más allá de la porosidad total, son el tamaño y la distribución de los poros los que determinan la capacidad de los suelos para retener y transportar agua y gases, condicionando directamente el crecimiento y penetración radicular, Delpero (2023).

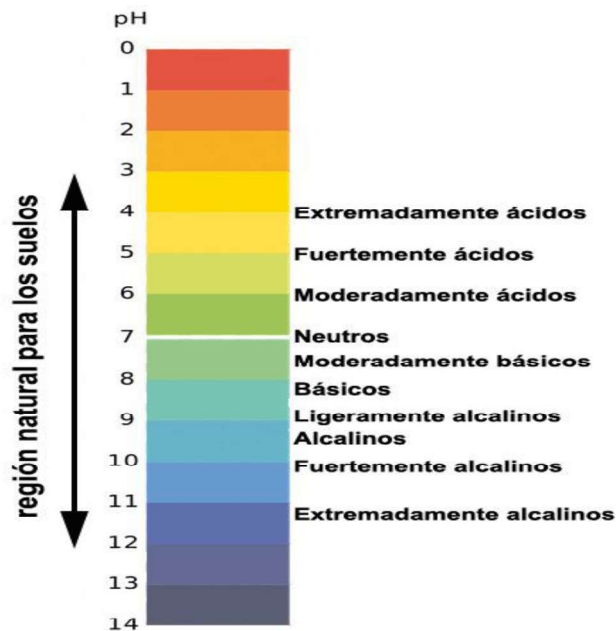
2.2.4.2. Caracterización química.

La caracterización química del suelo consiste en el análisis de los componentes y reacciones químicas presentes en el suelo, tales como pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes, capacidad de intercambio catiónico y salinidad, con el fin de evaluar su fertilidad y disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Estos parámetros permiten establecer el estado nutricional del suelo y orientar prácticas de manejo agrícola sostenibles (Lopez, 2010)

a. pH del Suelo

Figura 2

Escala de pH del Suelo



Nota: El pH se calcula en escalas de 0 a 14, donde 7 viene a ser neutro. Los valores inferiores de 7 indican un suelo ácido, mientras que valores superiores a 7 indican un suelo alcalino.

Esta es un parámetro importante ya que mediante esto podemos saber si en suelo o área de terreno agrícola es un tipo de suelo ácido, neutro o en todo caso alcalino. La duda es lo siguiente, Afectará la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Y si, esta afecta directamente en el recurso de los nutrientes en aquellos suelos agrícolas. Los suelos más apropiados para el cultivo de palto son aquellos con pH neutro o ligeramente ácido (5,5–7), Guerrero (2019).

b. Materia orgánica (MO)

La materia orgánica del suelo corresponde a residuos animales o vegetales en distintos estados de descomposición. Su estimación puede relacionarse con color, pH y textura. Métodos recientes, como el sistema CIE

Lab* y algoritmos de aprendizaje automático, permiten obtener aproximaciones más precisas adaptadas a cada región, Bautista et al. (2023).

c. Nitrógeno (N)

En el suelo, el nitrógeno se presenta en formas orgánicas e inorgánicas. La fracción orgánica, proveniente de residuos vegetales y animales, constituye la principal reserva, aunque requiere transformarse mediante mineralización para ser aprovechada. En regiones tropicales, su concentración suele variar entre 0,02% y 0,4%, alcanzando hasta 2% en suelos ricos en materia orgánica. Su disponibilidad depende de factores como clima, vegetación, relieve, material parental y manejo. A través de la nitrificación, el amonio se convierte en nitrato, principal forma absorbida por las plantas. El pH regula este proceso, siendo más eficiente en rangos de 6 a 8., Guillen (2024).

d. Fósforo (P)

El fósforo (P) es un nutriente fundamental para el desarrollo de las plantas, ya que participa en procesos metabólicos y estructurales esenciales. En los suelos, procede principalmente de la apatita, mineral que libera fosfatos tras la meteorización de rocas. Este elemento se presenta en fracciones orgánicas, vinculadas a compuestos como fosfolípidos y ácidos nucleicos, e inorgánicas, asociadas a hierro, aluminio o calcio. Su disponibilidad es baja y depende del pH, la actividad biológica y la meteorización. En suelos tropicales, los fosfatos de calcio disminuyen con el tiempo, predominando los fosfatos de hierro, aluminio y formas ocluidas menos accesibles., Guillen (2024).

e. Potasio (K)

El potasio (K) es un nutriente esencial para las plantas, presente en la litósfera y suelos en distintas formas: soluble, intercambiable, no intercambiable y mineral. Su disponibilidad depende de la mineralogía, la capacidad de intercambio catiónico, el pH y factores climáticos. Aunque no forma parte estructural de proteínas o carbohidratos, cumple funciones clave como regular el balance hídrico, la fotosíntesis, el transporte de azúcares y la apertura de

estomas. Además, fortalece las raíces, incrementa la resistencia a enfermedades y mejora la calidad de los cultivos. Su movilidad es intermedia y se desplaza principalmente por difusión en el suelo, Guillen (2024)

f. Hierro (Fe)

El hierro es un micronutriente vital que está presente en los suelos principalmente como óxidos, muchos de los cuales son insolubles y poco disponibles para las plantas. Su disponibilidad aumenta en condiciones reductoras o cuando hay materia orgánica activa. Fe también desempeña un papel clave en procesos enzimáticos y en la estructura del microbioma del suelo, Dai et al. (2023).

g. Cobre (Cu)

El cobre es un micronutriente esencial en cantidades pequeñas, actuando como cofactor en diversas enzimas. Aunque necesario para el metabolismo vegetal, puede ser tóxico en exceso. Su retención en el suelo está gobernada por óxidos de hierro y manganeso, que controlan su fijación y disponibilidad, Jenne (1968).

h. Zinc (Zn)

La disponibilidad del zinc en el suelo está limitada por condiciones como un pH elevado, altos contenidos de carbonato de calcio (caliza) y materia orgánica, y la presencia de concentraciones elevadas de Na, Ca, Mg, bicarbonato o fosfatos, que favorecen su retención y reducen su accesibilidad para las plantas, Alloway (2009).

2.2.4.3. Caracterización fisicoquímica.

Abarca capacidad de intercambio catiónico (CIC), saturación de bases, punto de carga cero, capacidad tampón, potencial redox y carbonatos, que afectan disponibilidad de nutrientes, estructura y susceptibilidad a salinización o compactación (Brady & Weil, 2016). En palto, niveles moderados de CIC y

buena saturación de Ca/Mg favorecen estructura estable y mitigación de toxicidades (Cl).

a. Conductividad eléctrica (CE)

La identificación de sales en el suelo puede realizarse mediante la observación de cultivos afectados, costras agrietadas o especies indicadoras de ambientes salinos. Su cuantificación se logra midiendo la conductividad eléctrica con un conductímetro, ya sea en suspensiones suelo-agua destilada (1:2,5) o directamente en el perfil húmedo, Bautista et al. (2023)

b. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Definida como la capacidad del suelo para retener y liberar iones con carga positiva (cationes), gracias a las cargas negativas de sus partículas, principalmente en arcillas y materia orgánica, condición clave para su fertilidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas, (soilquality.org.au, s. f.).

c. Cultivo de palta

El cultivo de la palta (*Persea americana*), constituye uno de los frutales de mayor importancia económica a nivel mundial y en el Perú, debido a su alta demanda en mercados de exportación. Esta especie requiere suelos bien drenados, con pH ligeramente ácido a neutro (6.0–7.0), bajo contenido de sales y buena aireación en la rizosfera para evitar problemas de anoxia radicular. Asimismo, demanda un manejo adecuado de la fertilización, principalmente con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, zinc y boro, junto con sistemas de riego eficientes que garanticen un óptimo desarrollo y calidad de fruta. El cultivo de palta Hass, en particular, se ha consolidado como el principal producto de exportación, siendo el Perú uno de los mayores exportadores a nivel global (Schaffer et al., 2024).

2.2.5. Palta (*Persea americana*)

2.2.5.1. Generalidades.

Esta fruta es denominada con el término de palta en los países como: Guatemala, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Uruguay y en otros es llamado con el nombre de aguacate como es en el país de México, según otras investigaciones realizadas esta fruta es originario de Guatemala, América central, México y Perú. (Cabrera 2018).

El suelo favorable para su desarrollo de la palta viene a ser un suelo de textura liviana y con un PH neutro o en todo caso con un suelo ligeramente ácido. Esta fruta se cultiva desde los 200msnm hasta los 2500msnm y su cultivo se ha extendido en diversas regiones tropicales y subtropicales. de todo el mundo. (Manuel R. 2015). dentro de su característica botánica la “*Persea americana*” Pertenece al Reino “plantae”, la familia de “Lauraceae” y al género “*Persea*”. (Álvarez 2015).

Existen numerables de variedades de la *Persea americana* en todo el mundo, pero la variedad que sobresale en el comercio nacional e internacional y por ende es más conocido viene a ser la variedad Haas. Dentro de nuestra región de Ayacucho podemos identificar las variedades de Hass, fuerte (*Persea americana*): siendo estas en mayor cantidad de producción ya que las condiciones agroecológicas (clima, suelo) son muy favorables para el desarrollo óptimo de este fruto, también podemos encontrar las siguientes variedades tales como: criolla, negra de la cruz pero sin embargo su producción es mínima, por lo que podríamos decir que su producción es para el autoconsumo y mas no para el comercio internacional. (Condori 2015).

2.2.5.2. Requerimientos de cultivo de palto.

Son factores muy importantes a tener en cuenta para la implantación de la *Persea americana* sea esto en un huerto o en grandes extensiones ya que de estos factores dependerá el buen desarrollo y la buena producción de esta fruta y que posteriormente nos permitirá lograr el mayor porcentaje posible de

rentabilidad. Estos factores importantes a tener en cuenta vienen a ser los siguientes:

a. Suelo

Es un factor determinante para la implantación de la palta ya que de ello depende el crecimiento, desarrollo, mejora tanto en la calidad y cantidad de producción. El suelo es el soporte primordial del sistema radicular y aquel que otorga todos los nutrientes necesarios para su desarrollo adecuado. Los suelos más aptos para la producción de la palta vendrían a ser los suelos franco o arenoso, suelos poco compactos y con un Ph neutro o en todo caso con un Ph ligeramente ácido entre los 5 y 7. Si embargo existen agricultores que establecen sus sembríos de palta en los campos de mal drenaje y en otros casos en suelos que tienen una salinidad elevada lo cual eso es inaceptable. En el distrito de Luricocha, existen problemas de aireación en el suelo, ya que, las plantaciones de paltos están en suelos con textura fina(arcillosa), con baja microporosidad por el mal manejo de la irrigación. (Palomino, 2013).

b. Clima

Tabla 2

Temperaturas mínimas para el cultivo de la (Persea americana)

Variedad de palta	Temperaturas “°C “
Hass	-1.1 °C
Fuerte	- 2.7 °C
Edranol	- 3.3 °C
Negra De La Cruz	-4,4 °C
Bacon	-4,4 °C
Zutano	-3,3 °C

Nota: temperatura baja que soporta cada una de las variedades de palta

Es uno de los factores a tomar en cuenta ya que determina la posibilidad de que nuestra plantación tenga un buen rendimiento o una buena calidad. Cabe recalcar que entre de los factores climáticos el más significativo vendría ser la temperatura, la cual no solo determina la producción que se pueda obtener, sino que también la el tiempo de la cosecha. Una de los peligros que corre la *Persea americana* es que las bajas temperaturas afectan a directamente a la fruta. Según

estudios realizados la *Persea americana* soportan a temperaturas mínimas según el tipo de variedad que sea.

Cabe recalcar que la palta es muy exigente con el aspecto de la temperatura y más aún en el proceso de floración, utilizan estas temperaturas para lo que viene a ser su fecundación a un aproximado de 23 a 27 °C durante el día y en las noches con una temperatura de 10°C. otro de los defectos que podemos mencionare que a una temperatura de 15°C para abajo, la actividad de las abejas es escaso y esto influye directamente a la polinización. Por otro lado, que estas temperaturas afectan directamente al fruto haciendo que estas se desprendan de la planta madre.

c. Agua

Es un factor muy importante por lo que podríamos considerar uno el primer factor en priorizarlo después del suelo. Si bien el cierto es agua es el principal fuente de vida de todos ser vivo y las plantas no pueden quedarse ajeno a ello y más aún el agua es uno de los principales conductores de nutrientes para las plantas. Es por ello que para una implantación de cultivo “*Persea americana*” se tienes que analizar la disponibilidad de agua.

d. Manejo del cultivo

Sin duda alguna la *Persea americana* es un fruto de alto contenido nutricional y económica. Ya depende de cada uno de los productores si es que dedica el tiempo completo de todas sus labores como productos para sacar el mayor provecho y para luego beneficiarse así mismo. Mientras el productor dedique más tiempo a este fruto no habrá dificultades ni consecuencias más adelante ya que cualquier cultivo que este al 100% con el cuidado y manejo adecuado genera mayor beneficio y rentabilidad. (Mario H. 2011).

2.2.6. El suelo

2.2.6.1. Generalidades.

Como ya se había mencionado como en lo anterior se recomienda para la producción de la palta en suelos hondos, franco y arenoso, con una textura ciertamente liviana con Ph neutro. También es aceptable los suelos con un Ph de 5 a 7. También podría tomarse en cuenta los suelos arcillosos siempre y cuando estas cuenten con un buen drenaje. (Mario H. 2011)

2.2.6.2. Propiedades físicas del suelo para el palto.

El suelo. viene a ser un cuerpo de soporte y fuente de desarrollo para todo tipo de plantas. Esta mezcla todas las partículas existentes tanto orgánicas y e inorgánicas en un cierto grado de desintegración.

a. Textura

La palta puede desarrollarse en distintos tipos de suelo, que van desde arenosos hasta arcillosos, siempre que presenten un buen drenaje interno, condición fundamental para su adecuado crecimiento, Chaupis (2022). Los suelos más apropiados para el cultivo de palto son aquellos de textura ligera, profundos y con buen drenaje, es posible cultivarlo en suelos arcillosos o franco arcillosos, siempre que se evite el exceso de humedad, ya que este favorece enfermedades radiculares como la asfixia y la presencia de hongos, especialmente *Phytophthora*, Guerrero (2019).

2.2.6.3. Propiedades químicas del suelo para el palto.

a. pH del suelo

Según Guerrero (2019), Los suelos más apropiados para el cultivo de palto son aquellos con pH neutro o ligeramente ácido (5,5–7) al igual como lo ratifica Chaupis (2022), Los cultivos de palta se desarrollan óptimamente con un pH Neutro ligeramente ácido (5,5-7), lo cual logran altos rendimientos, cercanos a 25 toneladas por hectárea, cuando se desarrollan en suelos aireados y con buena porosidad. En suelos compactos y ácidos es necesario elevar el pH

hasta un nivel óptimo, mientras que los suelos alcalinos se corrigen mediante prácticas de acidificación como la aplicación de azufre o sulfato.

b. Materia orgánica

Los suelos requieren más del 2% de materia orgánica, ya que esta mejora su estructura y genera macroporos que facilitan la circulación de agua y oxígeno, esenciales para un adecuado desarrollo de los cultivos, Chaupis (2022).

c. Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica (CE) del suelo refleja su capacidad para transmitir corriente, expresándose en mS/m o dS/m. Tradicionalmente se ha usado como indicador de salinidad, aunque también permite inferir características físicas como textura, humedad y profundidad del horizonte superficial. Cualquier factor que altere las condiciones del suelo puede modificar sus valores, por lo que resulta esencial contar con referencias claras para interpretar adecuadamente las mediciones de CE, (To Delineate Field Variation, s. f.).

d. Capacidad de intercambio catiónico.

Definida como la capacidad del suelo para retener y liberar iones con carga positiva (cationes), gracias a las cargas negativas de sus partículas, principalmente en arcillas y materia orgánica, condición clave para su fertilidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas, (soilquality.org.au, s. f.).

e. Macronutrientes

Son nutrientes esenciales para el desarrollo de muchas plantas por lo que se requieren en cantidades grandes según lo requiera la planta. Aquellos requerimientos totales de macro y micronutrientes de cultivos clasificados como frutas y frutos secos como: aguacate, almendra, ciruela, melocotón, cereza, fresa, albaricoque, membrillo, manzana, uva, pera, melón, kiwi, piña, plátano, sandía, limón, mandarina, naranja. pomelo, nueces, macadamias y nueces, se muestran en la siguiente tabla. (Ignacio, 2023).

Tabla 3

Requerimientos totales de macro y micronutrientes de cultivos clasificados como frutas y frutos Secos

Cultivos	Nombre Científico	Órgano Cosechable	Absorción total (kg/ton)					Extracción (kg/ton)					Fuente		
			N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca		Mg	S
Almendra	Prunus dulcis Mill. DA Webb	Fruto	83.3	-	-	-	-	-	35.3	9.1	11.0	-	0.2	0.2	5
Ciruela	Prunus domestica L.	Fruto	6.5	0.9	6.0	-	0.5	-	4.5	0.6	4.2	-	-	-	1 y 5
Durazno	Prunus persica L.	Fruto	5.1	0.7	4.6	0.8	-	-	2.8	0.5	3.0	0.2	0.3	-	5
Cereza	Prunus cerasus	Fruto	6.4	-	-	-	-	-	1.8	1.9	12.8	-	-	-	5
Frutilla	Fragaria x anassa Duch.	Fruto	10.2	2.5	12.7	-	-	-	2.9	0.5	3.2	-	-	-	5
Damasco	Armeniaca vulgaris Juss.	Fruto	4.5	0.7	3.9	0.4	-	-	2.1	0.4	2.8	-	-	-	5
Membrillero	Cydonia oblonga Mill.	Fruto	6.0	1.2	4.2	-	-	-	2.0	0.4	2.5	-	-	-	5 y 14
Manzana	Malus pumila Mill.	Fruto	3.6	0.8	2.5	4.6	0.9	-	2.5	0.4	1.4	0.6	0.1	-	5 y 11
Uva	Vitis vinifera L.	Fruto	6.9	1.0	8.0	5.8	1.0	-	4.4	0.7	5.0	2.7	0.7	-	1, 5 y 11
Pera	Pyrus communis L.	Fruto	2.6	0.4	2.8	5.8	0.5	-	1.7	0.3	2.4	0.3	0.2	-	5 y 11
Melón	Cumunus melo L.	Fruto	4.0	0.6	5.5	3.3	0.7	-	2.5	0.3	3.5	-	-	-	1 y 5
Kiwi	Actinidia deliciosa Chev.	Fruto	6.5	-	-	-	-	-	4.7	0.6	6.6	6.5	1.1	0.8	5
Ananá	Ananas comosus L.	Fruto	4.0	0.9	9.8	-	1.6	0.4	1.0	0.4	4.5	-	-	-	1 y 9
Banana	Musa spp.	Fruto	8.4	1.1	8.3	4.0	1.5	0.7	2.0	0.4	6.0	1.0	-	-	1 y 5
Palto	Persea americana Miller	Fruto	11.0	2.0	20.0	0.2	0.8	0.8	2.8	0.4	4.5	0.1	0.2	0.3	5 y 13
Sandía	Citrullus lanatus Thumb.	Fruto	2.0	0.3	3.0	-	-	-	1.0	0.2	1.0	-	-	-	1 y 5
Limón	Citrus limon L.	Fruto	6.3	0.7	4.4	-	-	-	1.6	0.2	1.7	0.7	0.2	0.1	5
Mandarina	Citrus reticulata Blanco	Fruto	4.4	0.4	4.5	-	0.6	0.5	1.5	0.2	2.0	0.7	0.2	0.1	5
Naranja	Citrus sinensis Osbeck	Fruto	5.7	0.7	5.3	-	0.7	0.8	2.0	0.3	2.6	1.0	0.4	0.5	1, 5 y 9
Pomelo	Citrus grandis L. Osbeck	Fruto	2.5	0.4	4.3	-	-	-	1.1	0.1	2.0	0.4	0.1	0.1	5
Pecán	Carya illinoensis	Nueces	-	-	-	-	-	-	8.1	1.9	3.7	-	0.5	3.1	5
Macadamia	Macadamia ternifolia	Nueces	6.0	0.7	-	3.4	0.6	-	4.1	0.4	3.3	1.2	-	-	5
Nogal	Juglans regia L.	Nueces	14.7	1.9	10.4	1.6	0.9	-	8.4	0.8	9.6	4.9	1.0	-	5 y 14

Nota: Ignacio A. Ciampitti 2023. Requerimientos nutricionales absorción y extracción

f. Micronutrientes

Aquellos que son necesarios y esenciales para palta, y ya no se requieren nutrientes en grandes cantidades si no que solamente la planta absorbe en cantidades o porciones menores. Estos micronutrientes pueden ser:

Tabla 4

Micronutrientes esenciales para la palta

Micro nutriente	Función
Hierro (Fe)	- Esencial para la síntesis de la clorofila. - Ejerce un papel se suma importancia en la transferencia de electrones durante la fotosíntesis.
Manganeso (Mn)	- Primordial para la formación de la clorofila - Genera la producción de energía en las plantas. - Involucrado en la actividad de enzimas en la fotosíntesis.
Cobre (Cu)	- Esencial para la síntesis de proteínas. - Involucrado en la respiración celular y el metabolismo de carbohidratos.
Zinc (Zn)	- Indispensable para la formación de la lignina - Necesario para el crecimiento - Participa en la síntesis de proteínas - Regula el crecimiento de las raíces.
Boro (B)	- Fundamental para la formación de paredes celulares - Participa en el transporte de azúcares y síntesis de proteínas.
Molibdeno (Mo)	- Esencial para la fijación y el metabolismo del nitrógeno - Apertura y cierre de las estomas.
Cloro (Cl)	- Participa en la regulación del equilibrio de agua en las plantas y la fotosíntesis.

Tabla 5

Parámetro Físico-químicas del suelo y sus valores óptimos en el cultivo de palta

Parámetros	Óptimo (*)
pH	6,6 – 7,5
CE (dS/m)	≤ 2
CaCO ₃ (%)	11-20
MO (%)	5
P (ppm)	7 – 14
K (ppm)	100 – 240
Clase textural	Fr.A.
Relación K/Mg (meq/100g)	0,16 – 0,35
Na ⁺ (meq/100g)	≤ 1
Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100g)	≤ 2
CIC (meq/100g)	35
% Saturación de bases	≥ 90

Nota. Parámetros óptimos de caracterización físico-química de los suelos para el cultivo de palta, Juárez, F & Gomero, L (2023).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El trabajo de investigación es un estudio básico, ya que, permite realizar el análisis de suelos en laboratorio para caracterizar los suelos de cultivo de palta con fines de exportación en función de sus características físico-químicas. Según Ñaupas Paitán et al. (2014), la investigación pura, también llamada básica o sustantiva, surge como una forma de conocimiento que busca responder a la curiosidad humana sobre el origen del universo, la vida y el hombre. En sus inicios, fueron los filósofos quienes, motivados por el amor a la sabiduría, iniciaron esta tarea que luego asumieron los científicos. Pensadores de la Escuela Jónica, como Tales de Mileto, Anaximandro, Heráclito, Anaxímenes y Anaxágoras, marcaron un cambio al abandonar explicaciones religiosas y recurrir a métodos basados en la observación, la lógica y la imaginación. Este tipo de investigación se caracteriza por no perseguir beneficios económicos, sino por el interés en ampliar el conocimiento, constituyéndose en el fundamento de la investigación aplicada. Asimismo, puede desarrollarse en distintos niveles, entre ellos el exploratorio, el descriptivo y el explicativo.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación es descriptivo, para la sectorización y caracterización del cultivo de palta en terrenos de Luricocha, Huanta. Según Ñaupas Paitán et al. (2014), la investigación básica de tipo descriptivo corresponde a un nivel intermedio cuyo propósito principal es reunir información acerca de las características, dimensiones, propiedades o clasificaciones de objetos, personas, instituciones o procesos de naturaleza social o natural. En la misma dirección, Gay (1996) explica que este enfoque consiste en la recolección de datos que permitan comprobar hipótesis o responder preguntas relacionadas con la situación actual de

los sujetos de estudio, posibilitando así describir y comunicar sus formas de manifestación en el contexto analizado.

3.1.3. Método de investigación

El método de investigación aplicado en este estudio es de carácter cuantitativo descriptivo, debido a que se centra en la recolección y análisis de datos objetivos provenientes de las muestras de suelo tomadas en el área de estudio. Este enfoque permite evaluar de manera precisa las características físico-químicas del suelo, como el pH, la textura, la materia orgánica y los nutrientes disponibles, los cuales son determinantes para la aptitud del cultivo de palta. La elección de este método se justifica porque no se busca manipular variables ni establecer relaciones de causa-efecto, sino describir y caracterizar las condiciones actuales de los suelos en Luricocha con base en resultados obtenidos en laboratorio

3.1.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, descriptivo y comparativo, dado que no se manipularon las variables, sino que se observaron y analizaron tal como se presentaron en su contexto natural. La información se obtuvo a partir de estudios de laboratorio realizados sobre un total de 30 muestras de suelo recolectadas en el área de investigación. Este diseño permitió describir de manera detallada las características físico-químicas de los suelos y establecer la sectorización de los terrenos destinados al cultivo de palta, sin alterar las condiciones propias del entorno.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

La tesis se desarrolló mediante el fondo de Financiamiento FOCAM en un periodo de 10 meses

3.2.2. Ámbito espacial

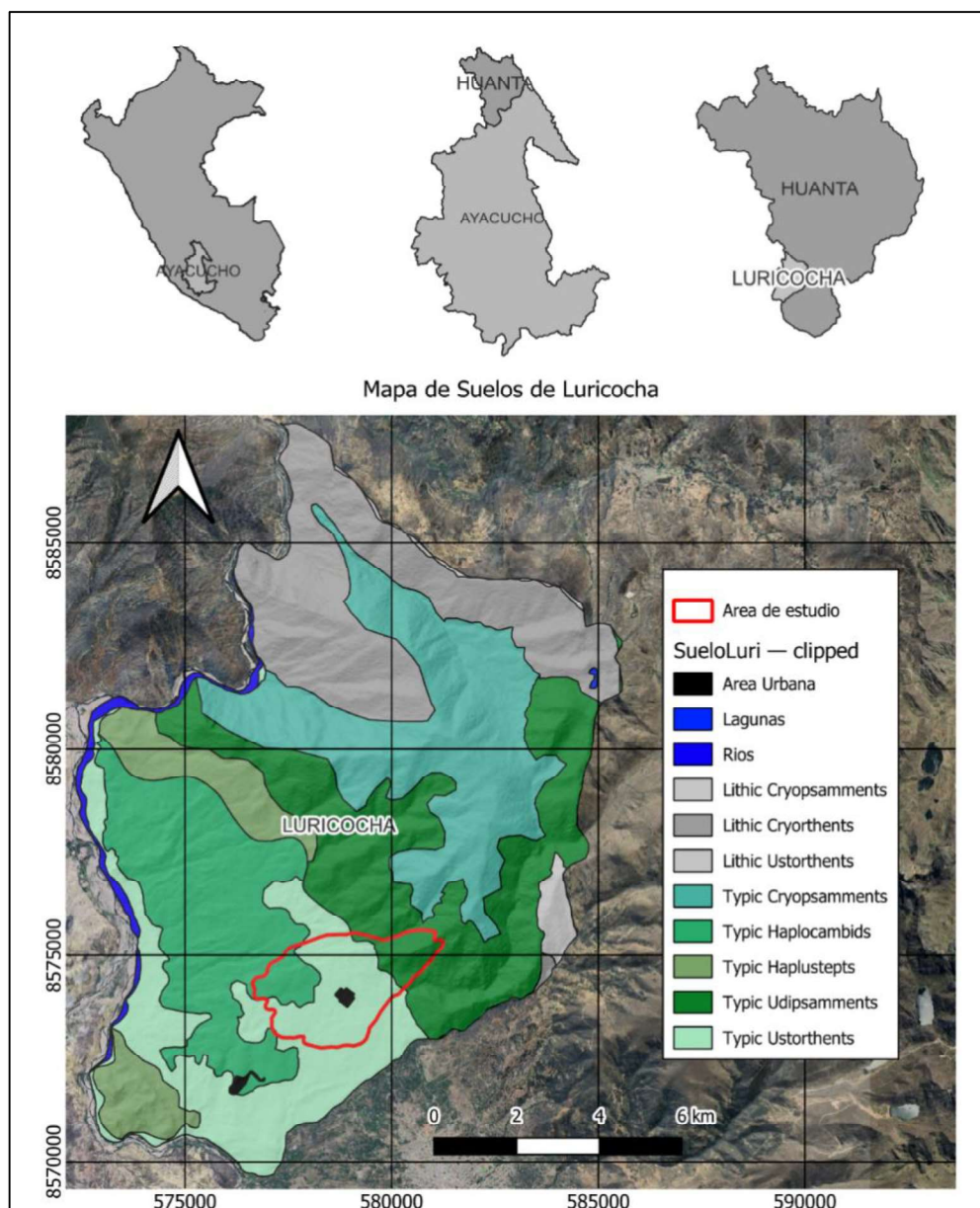
La investigación se llevó a cabo en el distrito de Luricocha específicamente en la parte noroeste en las comunidades de Chaman, Simpay Huasi y cercado de

Luricocha, en una extensión de 190 a una altitud que varía entre 2500 msnm a 3500 msnm. las coordenadas son:

Chamana : -12.890552, -74.271542
 Simpay Huasi : -12.896013, -74.268645
 Cercado de Luricocha : -12.899297, -74.274031

Figura 3

Ubicación Geográfica del Estudio



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) del distrito de Luricocha, localizados en la parte alta, con una extensión aproximada de 190 hectáreas, distribuidas entre las comunidades de Chamana, Simpay Huasi y el Cercado de Luricocha.

La unidad de análisis definida para la población fue el punto de muestreo de suelo en parcelas en producción de palta, al ser este el elemento que permitió evaluar las propiedades físico-químicas de dichos suelos.

3.3.2. Muestra

La muestra se determinó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando un total de 30 unidades de análisis de suelo en la parte noreste de la zona alta de Luricocha. Los criterios de selección consideraron la accesibilidad a las parcelas, representatividad espacial y autorización de los agricultores.

Cada unidad de muestreo se obtuvo mediante la apertura de una calicata de $30 \times 30 \times 30$ cm, correspondiente al horizonte superficial (0–30 cm), considerado el más representativo para el cultivo de palta por concentrar la mayor actividad radicular y dinámica de nutrientes. Las muestras fueron etiquetadas, georreferenciadas y almacenadas para su análisis de laboratorio.

En términos de proporción, la muestra representó aproximadamente 1 punto de muestreo por cada 6,3 hectáreas (30 en 190 ha), lo cual aseguró una cobertura suficiente de la variabilidad edáfica del área en estudio.

Criterios de selección:

- **Inclusión:** parcelas con cultivo de palta dentro del área delimitada de 190 ha en la parte alta de Luricocha.

- **Exclusión:** terrenos no cultivados con palta, áreas con disturbios recientes (obras civiles, rellenos) o con limitaciones de acceso. Luricocha.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnica

- **Técnicas para sectorizar los suelos agrícolas con cultivos de palta de exportación**

Para la sectorización de los suelos agrícolas destinados al cultivo de palta de exportación, se empleó la cartografía digital y el análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). En esta etapa se utilizaron imágenes satelitales de libre acceso, que posteriormente fueron procesadas en el software QGIS, lo que permitió elaborar mapas temáticos relacionados con las características físico-químicas del suelo evaluadas en laboratorio.

Esta técnica consistió en la integración de los resultados analíticos de las 30 muestras de suelo en el entorno SIG, con el fin de representar espacialmente parámetros como textura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nutrientes principales. De esta manera, se logró delimitar y diferenciar zonas edáficas con aptitud diferenciada para el manejo y la producción de palta destinada a la exportación.

- **Caracterizar los suelos agrícolas con cultivos de palta**

Los puntos de muestreo fueron seleccionados de manera aleatoria bajo un criterio de conveniencia, lo que permitió la recolección de las muestras y su posterior envío al laboratorio para el análisis de las características físico-químicas del suelo. En total, se recolectaron 30 muestras distribuidas en un área aproximada de 190 ha que abarcó las comunidades de Chamana, Simpay Huasi y el Cercado de Luricocha. Cada muestra fue obtenida del estrato superficial (0–30 cm), considerado el más representativo para la dinámica radicular y edáfica del cultivo de palta.

- **Técnicas para analizar las características y/o propiedades físicas de los suelos con cultivos de palta**

Para dicho análisis se empleó la técnica de muestreo de suelos. Las parcelas agrícolas fueron recorridas de manera aleatoria bajo un criterio de conveniencia en las comunidades de Chamana, Simpay Huasi y el Cercado de Luricocha. Se recolectaron 30 unidades de muestras de suelo a una profundidad comprendida de 30 cm, correspondientes al estrato con mayor actividad radicular y dinámica edáfica relevante para el cultivo de palta. Cada muestra fue depositada en una bolsa hermética, rotulada con su respectiva codificación y registrada con sus coordenadas UTM para garantizar la trazabilidad. Posteriormente, las 30 muestras de suelo fueron almacenadas en coolers para asegurar su adecuada conservación y enviadas al Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares – LABSAF Canaan, acreditado por INACAL, donde se analizaron sus características físicas

Tabla 6

Características físicas y métodos empleados para los análisis de suelo.

Características físicas	
Características	Métodos
Textura del suelo	Boyucos

- **Técnicas para analizar las propiedades químicas de suelos agrícolas con cultivo de palta**

Para dicho análisis se empleó la técnica de muestreo de suelos. Las parcelas experimentales fueron recorridas de manera aleatoria bajo un criterio de conveniencia, donde se recolectaron 30 unidades de muestras de suelo a una profundidad comprendida en 30 cm. Cada muestra fue depositada en una bolsa hermética, rotulada con su respectiva codificación y registrada con sus coordenadas UTM, garantizando así su correcta identificación y trazabilidad. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en coolers para preservar sus características y trasladadas al Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares –

LABSAF Canaan, acreditado por INACAL, donde se efectuaron los análisis correspondientes de sus características químicas.

- **Características químicas y métodos empleados para los análisis de suelo.**

Tabla 7

Características Químicas y Métodos y Métodos empleados Para el Análisis de Suelo

Características químicas	
Características	Métodos
pH del suelo	Soil and waste pH
Materia orgánica (MO)	Walkley – Black
Conductividad eléctrica (CE)	ISO 11265:1994/cor 1:1996.
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Soil quality
Nitrógeno (N)	Acetato de amonio
Fósforo (P)	Kjeldahl
Potasio (K)	Olsen
Hierro (Fe)	Acetato de amonio.
Cobre (Cu)	Absorción atómica
Zinc (Zn)	Absorción atómica
Manganeso (Mn)	Absorción atómica

3.4.2. Instrumento

Instrumentos de campo

La recolección de muestras se realizó en el área delimitada del distrito de Luricocha, comprendida entre las comunidades de Chamana, Simpay Huasi y el Cercado de Luricocha.

- Pala recta y pala de mano, para la extracción de las muestras.
- Bolsas herméticas rotuladas, para el almacenamiento y codificación de cada muestra.
- GPS portátil, para registrar las coordenadas UTM de cada punto de muestreo.
- Cooler portátil, para la adecuada conservación de las muestras durante el transporte.

- Rotulador indeleble y etiquetas, para la correcta identificación y trazabilidad.
- Cada muestra fue registrada con su respectiva codificación y almacenada en coolers hasta su traslado al laboratorio.

Instrumento para el análisis físico-químico de las muestras

Para el análisis de las características físico-químicas de las muestras de suelo, se contrató el servicio del Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares – LABSAF Canaan, acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Dicho laboratorio empleó metodologías estandarizadas internacionalmente, entre ellas:

- Textura del suelo: método de Bouyoucos (hidrómetro).
- pH del suelo: método Soil and Waste pH (potenciómetro).
- Materia orgánica (MO): método Walkley–Black (titulación).
- Conductividad eléctrica (CE): método ISO 11265:1994/cor 1:1996 (conductímetro).
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): método de acetato de amonio.
- Nitrógeno (N): método Kjeldahl.
- Fósforo (P): método Olsen (espectrofotómetro UV-Visible).
- Potasio (K): método de acetato de amonio.
- Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn): espectrofotometría de absorción atómica.

Los instrumentos de laboratorio utilizados fueron: hidrómetro, potenciómetro, conductímetro, equipo Kjeldahl, equipo de titulación Walkley–Black, equipo de extracción con acetato de amonio, espectrofotómetro UV-Visible y espectrofotómetro de absorción atómica.

La descripción detallada de los métodos empleados se presenta en las Tablas 6 y 7.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para la sectorización de suelos, se empleó el programa QGIS, mediante el cual se elaboraron mapas temáticos y se delimitó la distribución espacial de las unidades de análisis.

Los datos obtenidos en laboratorio a partir de las muestras de suelo fueron organizados inicialmente en Microsoft Excel, lo que permitió su estructuración y clasificación por variables. Posteriormente, se utilizó el programa SPSS versión 26 para el análisis estadístico. En una primera etapa se aplicó estadística descriptiva, calculando la media, el valor máximo y el valor mínimo de cada parámetro físico-químico evaluado.

En una segunda etapa para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en la investigación, se utilizaron tanto métodos estadísticos paramétricos como no paramétricos, en función del tipo de variable, el tamaño de la muestra y la distribución de los datos.

Los datos recolectados fueron organizados y sistematizados en hojas de cálculo, y posteriormente analizados mediante software estadístico especializado SPSS. Se aplicaron pruebas de normalidad (como la prueba de Kolmogórov-Smirnov o Shapiro-Wilk) con el objetivo de determinar si los datos cuantitativos seguían una distribución normal.

Se utilizaron métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos según la naturaleza de los datos. Los métodos paramétricos se aplicaron a variables que cumplieran con los supuestos de normalidad y homogeneidad, como ANOVA, prueba t y correlación de Pearson. En cambio, los métodos no paramétricos, como U de Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, se usaron cuando estos supuestos no se cumplieran. Este enfoque mixto permitió un análisis riguroso y adecuado, asegurando la validez de los resultados en la sectorización y caracterización de los suelos con cultivo de palta en Luricocha.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

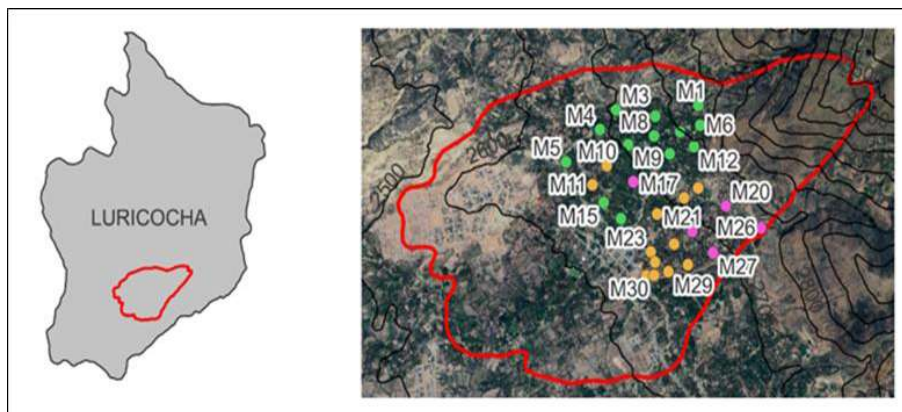
4.1.1. Estadística descriptiva

4.1.1.1. Estadística descriptiva para el objetivo general:

Sectorizar, empleando técnicas de teledetección e identificar las características físico-químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en el distrito de Luricocha con fines de exportación.

Figura 4

Mapecto y sectorización de suelos evaluados en laboratorio



Nota: Mapecto y sectorización de suelos evaluados en laboratorio identificados como M1, M2..., M30

En la Figura 4 se presentan los puntos de muestreo identificados como M1, M2..., M30, los cuales corresponden a la georreferenciación realizada en el distrito de Luricocha. Cada una de estas muestras fue enviada al laboratorio para el análisis de sus características físico-químicas, cuyos resultados se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8

Estadística Descriptiva de las Características Físicas y Químicas de los Suelos Agrícolas del distrito de Luricocha

Características físico-químicas de los suelos agrícolas	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
PH (unid. pH)	,8	7,1	7,9	7,527	,1818	,033
Conductividad Eléctrica (mS/m)	50,9	9,4	60,3	19,103	9,6393	92,917
Materia Orgánica (%)	10,8	2,3	13,1	6,320	2,2189	4,924
Nitrógeno (%)	,5	,1	,7	,319	,1111	,012
Fósforo disponible (mg/kg)	96,1	1,9	98,0	32,503	30,8686	952,871
Potasio disponible (mg/kg)	782,1	88,9	871,0	247,100	147,2809	21691,671
Arena (%)	24,0	40,0	64,0	50,867	6,8367	46,740
Limo (%)	32,0	22,0	54,0	36,867	7,4219	55,085
Arcilla (%)	14,0	6,0	20,0	12,267	4,6382	21,513
Calcio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	9,8	3,9	13,7	7,765	2,1052	4,432
Magnesio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	14,2	2,0	16,2	6,164	2,6033	6,777
Potasio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	6,0	,4	6,5	1,533	1,0989	1,208
Sodio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	,2	,1	,3	,179	,0477	,002
CIC (ppm)	26,9	9,6	36,5	15,641	4,8795	23,810
Fierro (Fe) (ppm)	148,3	58,1	206,4	103,829	37,5220	1407,898
Cobre (Cu) (ppm)	43,8	2,0	45,8	6,038	7,5721	57,337
Zinc (Zn) (ppm)	11,8	4,0	15,8	9,719	3,0274	9,165
Manganeso (Mn) (ppm)	31,2	12,7	43,9	29,559	7,2212	52,146

La tabla 8 presenta las estadísticas descriptivas de las características físico-químicas de los suelos en los 30 puntos de muestreo del distrito de Luricocha.

- Respecto a las características físicas, la arena fluctuó entre 40% y 64% (media 50.87%), el limo entre 22% y 54% (media 36.87%) y la arcilla entre 6% y 20% (media 12.27%).
- El pH varió entre 7.1 y 7.9, con un promedio de 7.53, evidenciando una ligera alcalinidad. La conductividad eléctrica osciló entre 9.4 y 60.3 mS/m, con una media de 19.10 mS/m.
- En cuanto a la materia orgánica, se registraron valores entre 2.3% y 13.1%, con una media de 6.32%. El nitrógeno total presentó un rango de 0.1% a 0.7%, con un promedio de 0.32%. El fósforo disponible mostró una amplia variación (1.9–98.0 mg/kg) con una media de 32.50 mg/kg, mientras que el potasio disponible osciló entre 88.9 y 871.0 mg/kg, con un promedio de 247.10 mg/kg.

- En cuanto a los micronutrientes, el hierro (Fe) presentó valores entre 58.1 y 206.4 ppm, con una media de 103.29 ppm y una desviación estándar de 37.52 ppm. El cobre (Cu) osciló entre 2.8 y 46.5 ppm, con un promedio de 8.64 ppm y desviación de 7.13 ppm. El zinc (Zn) varió entre 4.8 y 16.5 ppm, con una media de 9.72 ppm y desviación de 2.91 ppm. Finalmente, el manganeso (Mn) fluctuó entre 12.7 y 43.9 ppm, con un promedio de 29.56 ppm y desviación de 7.22 ppm.
- En los cationes intercambiables, el calcio varió de 3.9 a 13.7 cmol(+)/kg, con una media de 7.77; el magnesio entre 2.0 y 16.2 cmol(+)/kg, con promedio de 6.16; el potasio entre 0.4 y 6.4 cmol(+)/kg, con media de 1.53; y el sodio entre 0.1 y 0.3 cmol(+)/kg, con una media de 0.18. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) osciló entre 9.6 y 36.5 ppm, con una media de 15.64 ppm.

Finalmente, en los micronutrientes, el hierro (Fe) presentó valores de 58.1 a 206.4 ppm (media 103.29), el cobre (Cu) entre 2.8 y 46.5 ppm (media 8.64), el zinc (Zn) entre 4.8 y 16.5 ppm (media 9.7).

Tabla 9

Porcentaje de Tipos de Clase Textural de los Suelos Agrícolas del Distrito de Luricocha

Clase textural	Frecuencia	Porcentaje %
Arena	1	3,3
Franco	14	46,7
Franco Arenoso	13	43,3
Franco Limoso	2	6,7
Total	30	100,0

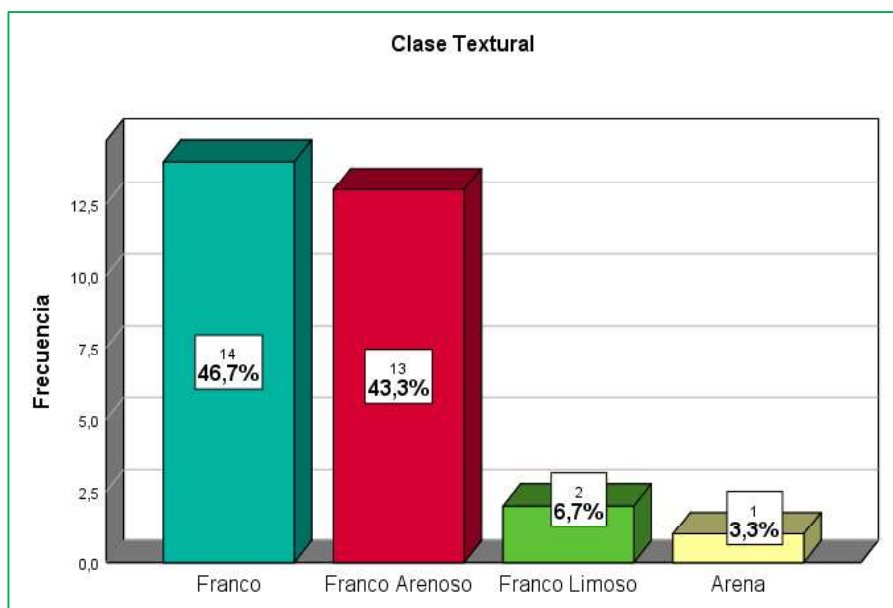
La tabla 9 y la figura 5 muestra que las texturas predominantes en los suelos de Luricocha son la franca (46.7%) y la franco-arenosa (43.3%), mientras que la franco-limosa (6.7%) y la arenosa (3.3%) aparecen en menor proporción.

Las texturas francas y franco-arenosa son favorables para el palto por su equilibrio entre retención de agua y drenaje. En cambio, los suelos

arenosos requieren manejo adicional, como la incorporación de materia orgánica, para mejorar la retención de humedad y nutrientes.

Figura 5

Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha



4.1.1.2. Estadística descriptiva para el primer objetivo específico:

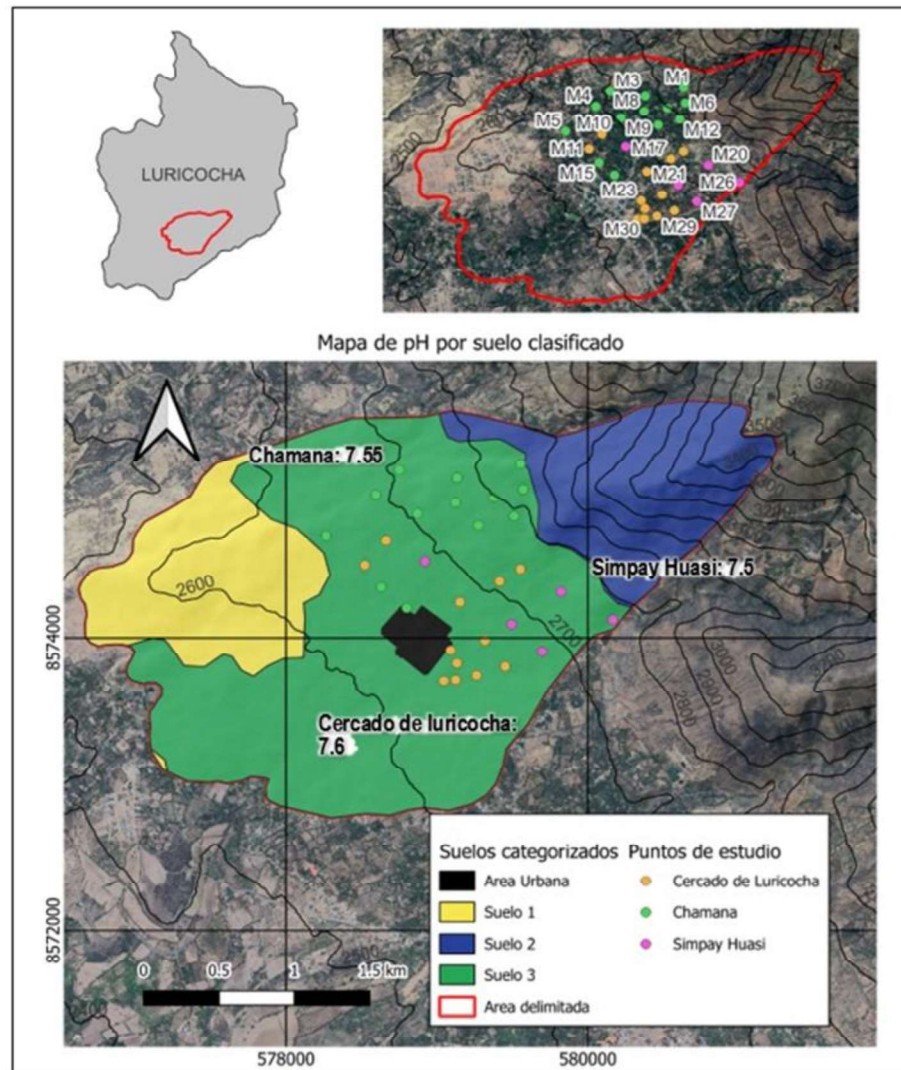
Sectorizar e identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos cultivados con palta para exportación, mediante la aplicación de técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica (QGIS), orientado a la generación de mapas temáticos en el distrito de Luricocha.

Para la elaboración del mapa de sectorización de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*), se utilizó el programa QGIS, apoyado en técnicas de sensores remotos y en la información obtenida del muestreo de campo. En la investigación se representan los puntos de muestreo georreferenciados en el distrito de Luricocha, así como el área delimitada (en rojo) donde se evaluaron las principales características físicas y químicas del suelo. Los mapas generados muestran la distribución espacial

de dichas propiedades en el área de estudio, permitiendo identificar zonas con condiciones diferenciadas para el cultivo de palta.

Figura 6

Mapa de Ph Por Suelo Clasificado

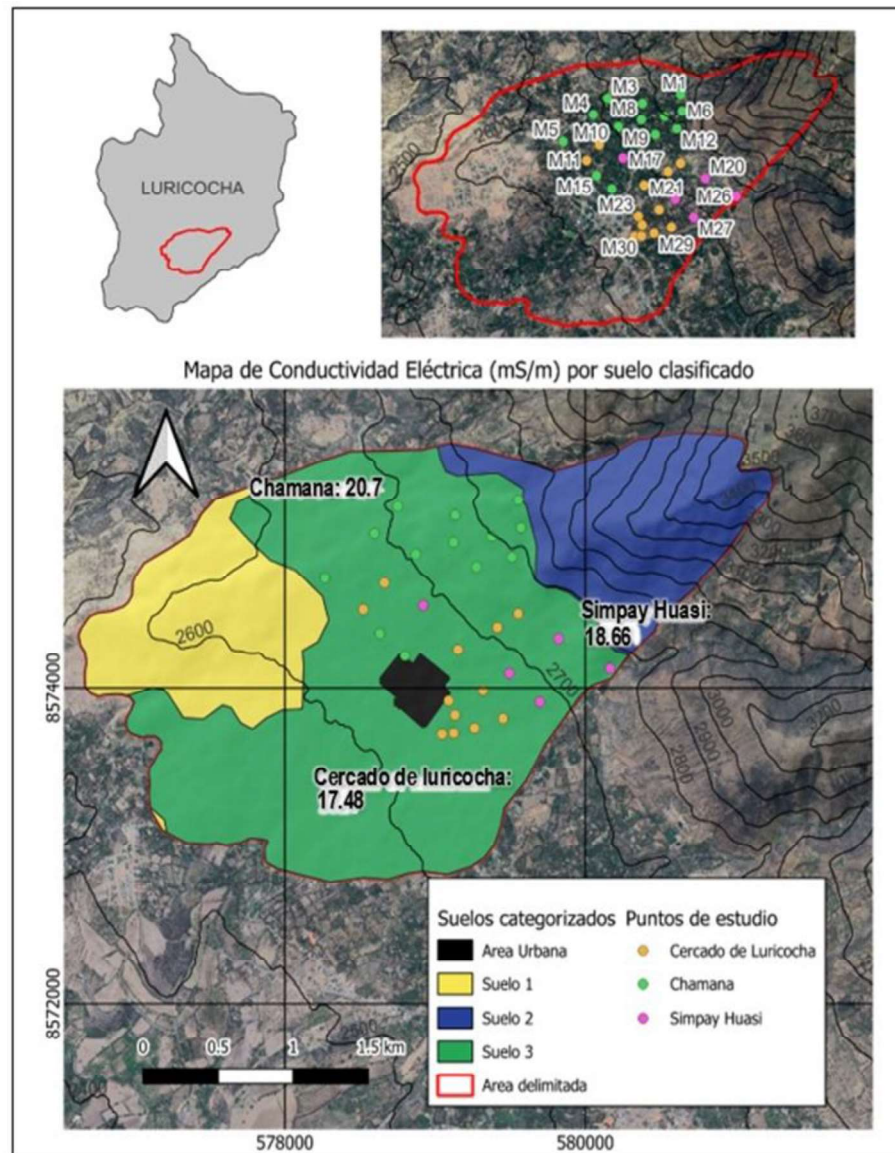


En la Figura 6 se observa la digitalización del mapa de sectorización con pH clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un Ph promedio de 7,55; Simpay Huasi tiene un Ph promedio de 7.5; Cercado de Luricocha tiene un Ph promedio de 7.6, donde promediando los

resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 7.527; esto quiere decir que estos suelos son ligeramente Alcalinos.

Figura 7

Mapa de conductividad eléctrica (mS/m) por suelo clasificado

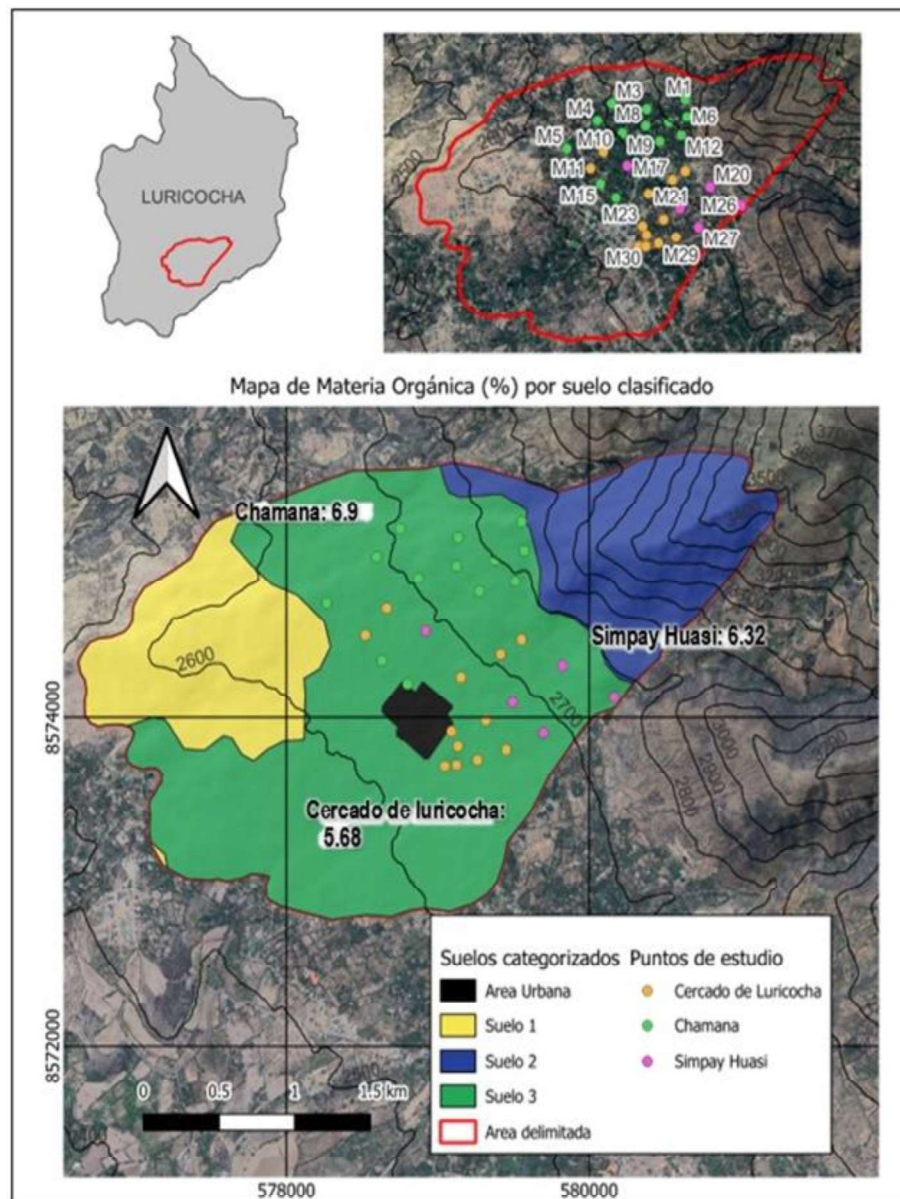


En la Figura 7 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Conductividad Eléctrica (mS/m) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 20.7; Simpay Huasi tiene promedio de 18.66; Cercado de Luricocha tiene un promedio de

17.48, donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 19,103 msS/m; esto quiere decir que la conductividad eléctrica si es Óptimos para el cultivo de palta.

Figura 8

Mapa de Materia Orgánica (%) por Suelo Clasificado

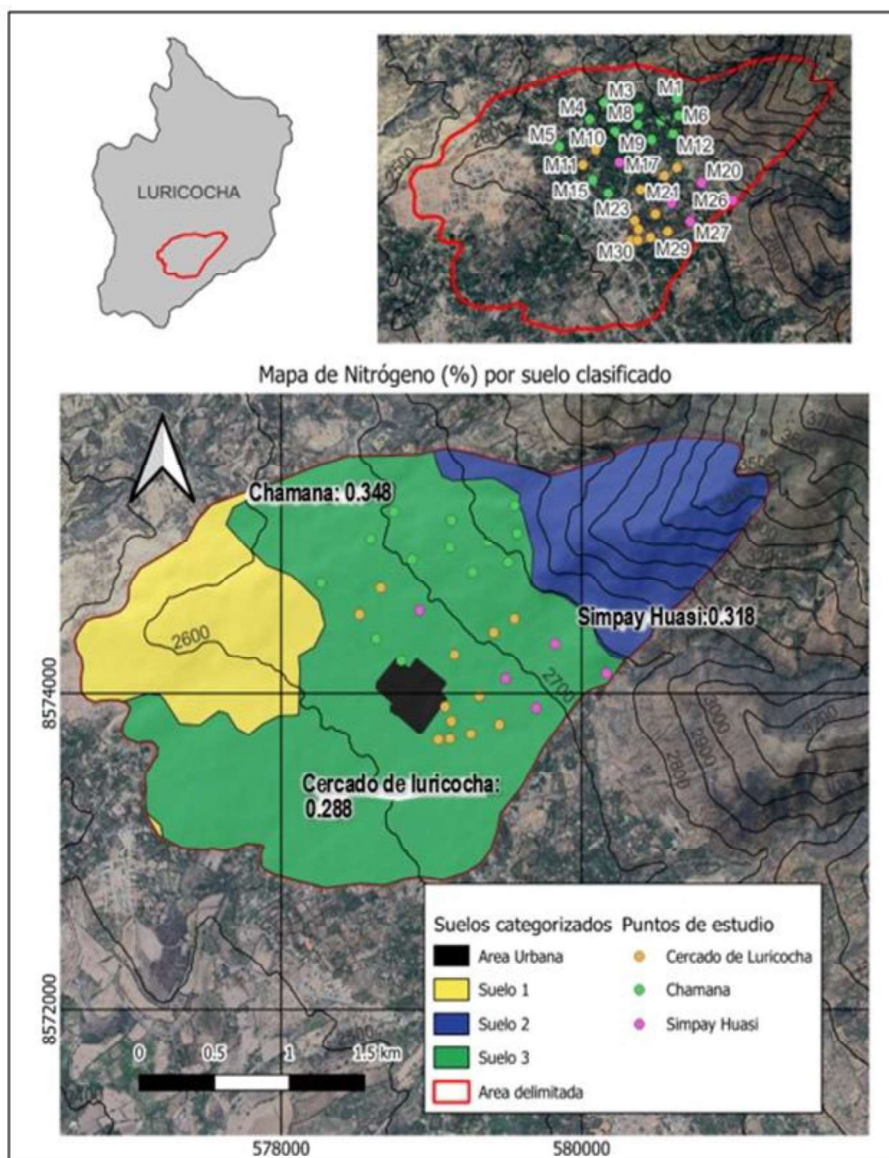


En la Figura 8 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Materia Orgánica (%) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de

Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 6.9; Simpay Huasi tiene promedio de 6.32; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 5.68, donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 6.32 %; esto quiere decir que la Materia orgánica si es Óptimos para el cultivo de palta, pero esta ligeramente alta ya que mayores a 5.5% pude tener mayor retención de humedad, así como el desbalance nutricional y alteración del Ph

Figura 9

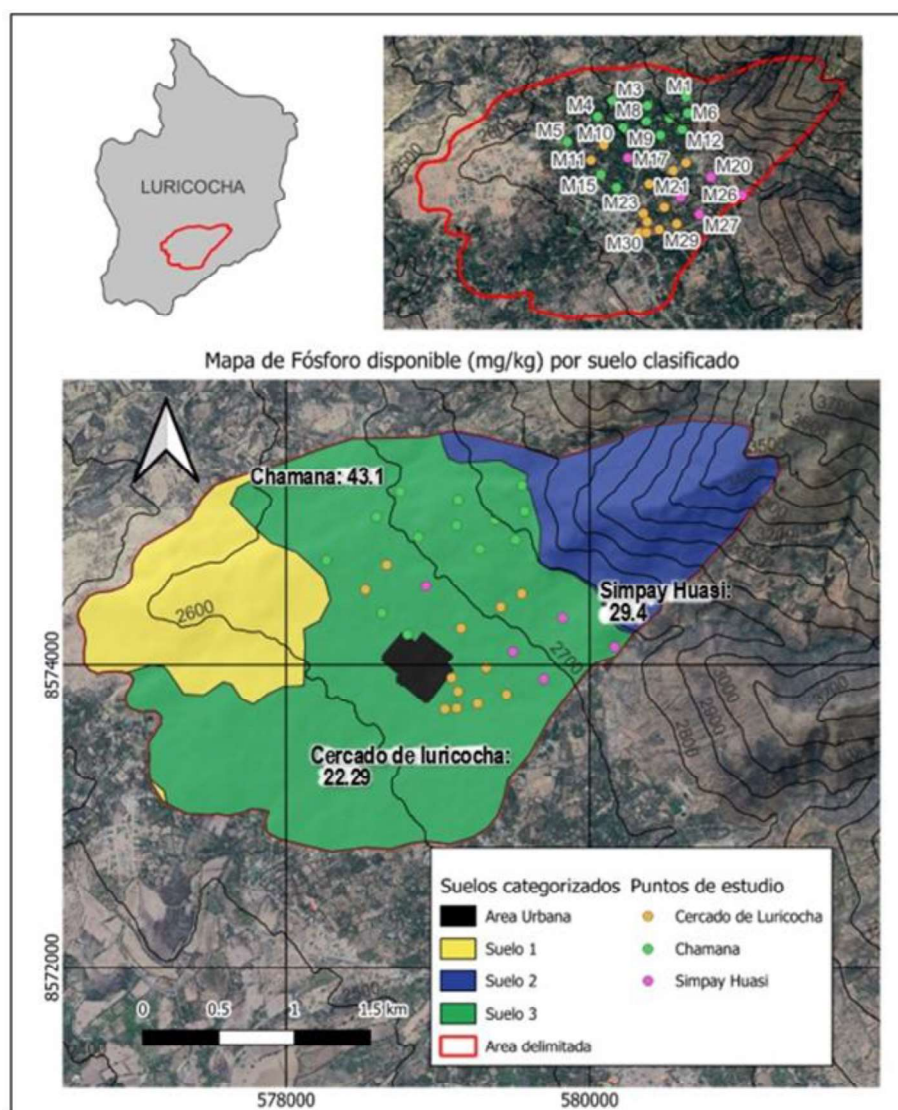
Mapa de nitrógeno (%) por suelo clasificado



En la Figura 9 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Nitrógeno (%) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 0,348; Simpay Huasi tiene promedio de 0,318; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 0,288, donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 0.319 %; esto quiere decir que el Nitrógeno, si, es Óptimos para el cultivo de palta, pero está ligeramente.

Figura 10

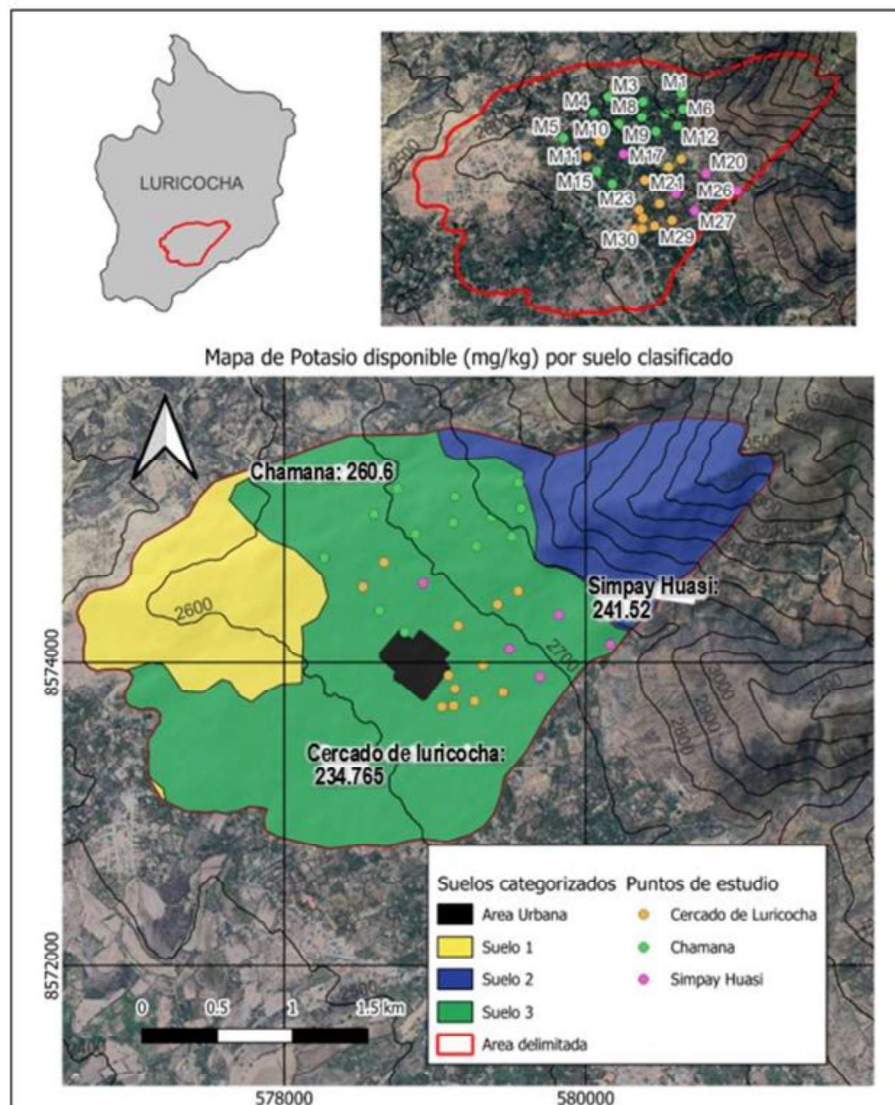
Mapa de fósforo disponible (mg/kg) por suelo clasificado



En la Figura 10 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Fósforo disponible (mg/Kg) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 43.1; Simpay Huasi tiene promedio de 29,4; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 22.29, donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 32,503 mg/Kg; esto quiere decir que Fósforo disponible (mg/Kg) son óptimos para el cultivo de palta.

Figura 11

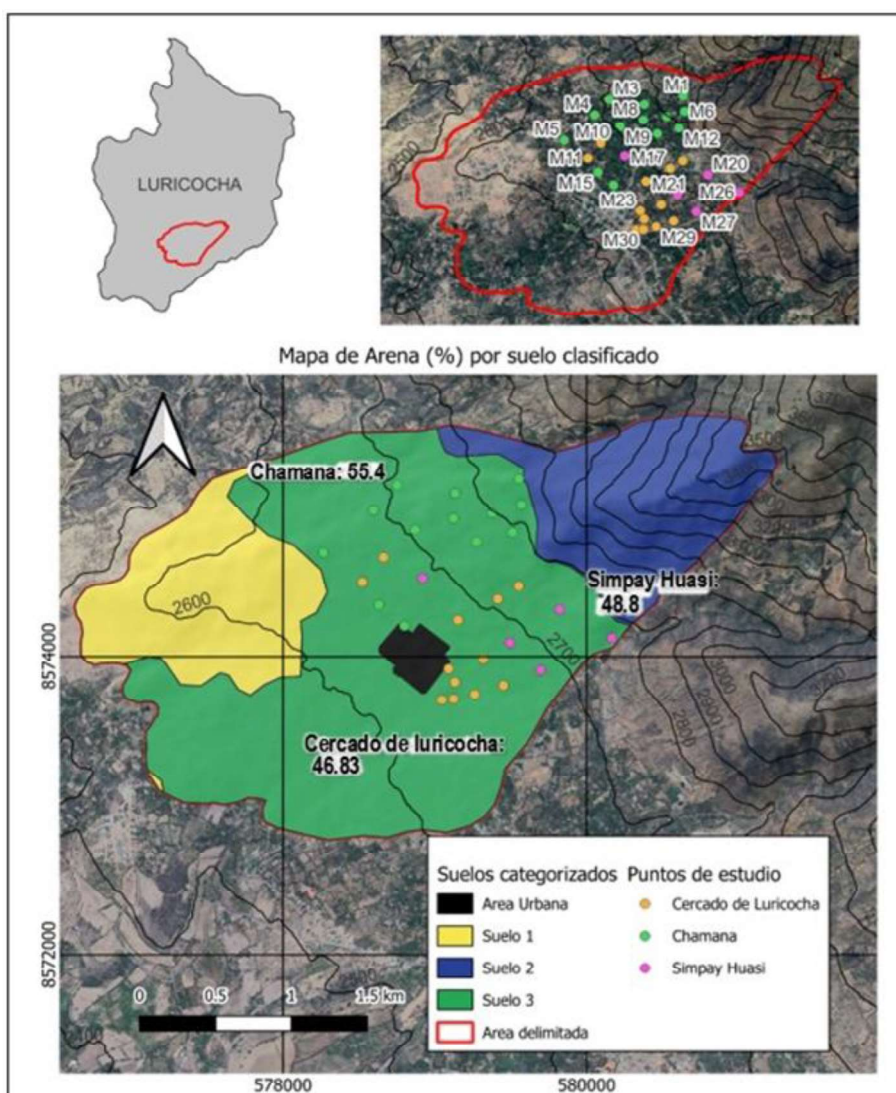
Mapa de potasio disponible (mg/kg) por suelo clasificado



En la Figura 11 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Potasio disponible (mg/Kg) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 260,6; Simpay Huasi tiene promedio de 241,52; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 234,765, donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 247,1 mg/Kg; esto quiere decir que Potasio disponible (mg/Kg) son óptimos para el cultivo de palta.

Figura 12

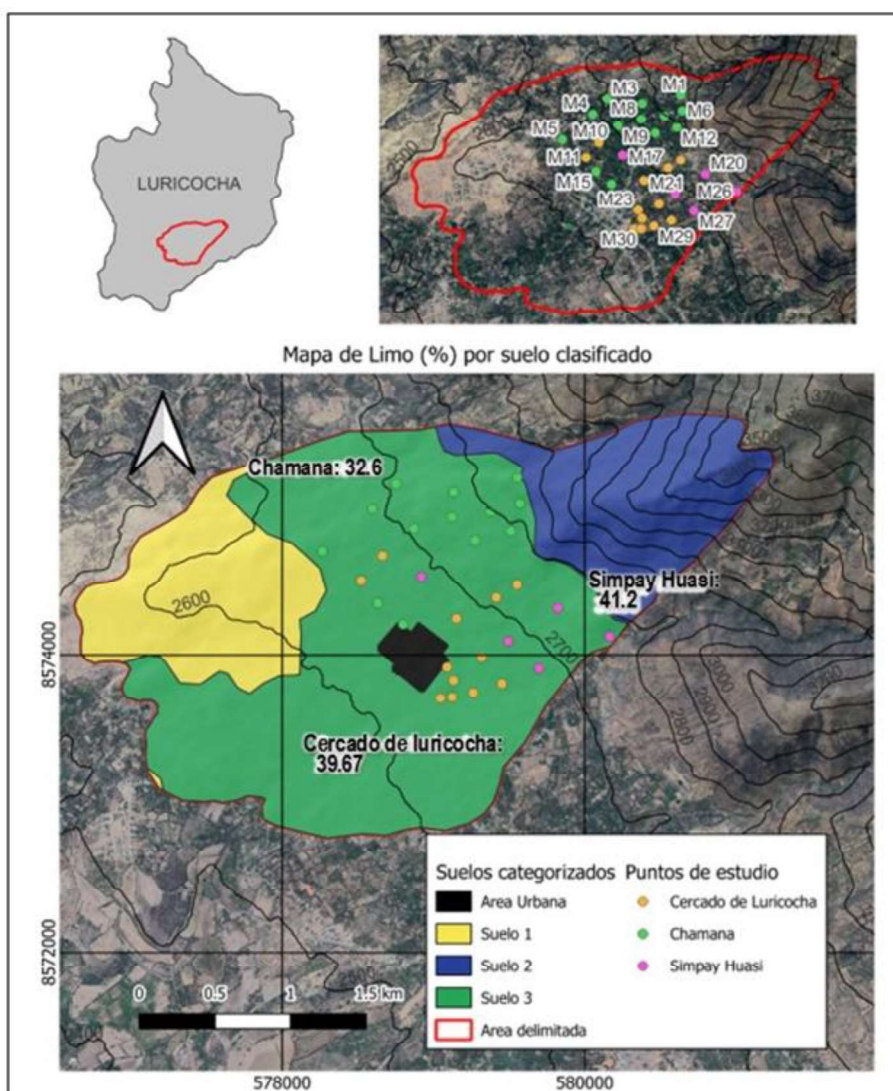
Mapa de arena (%) por suelo clasificado



En la Figura 12 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Arena (%) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 545,4; Simpay Huasi tiene promedio de 48,8; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 46,83 donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 50,867 %; esto quiere decir que el porcentaje de Arena son óptimos para el cultivo de palta.

Figura 13

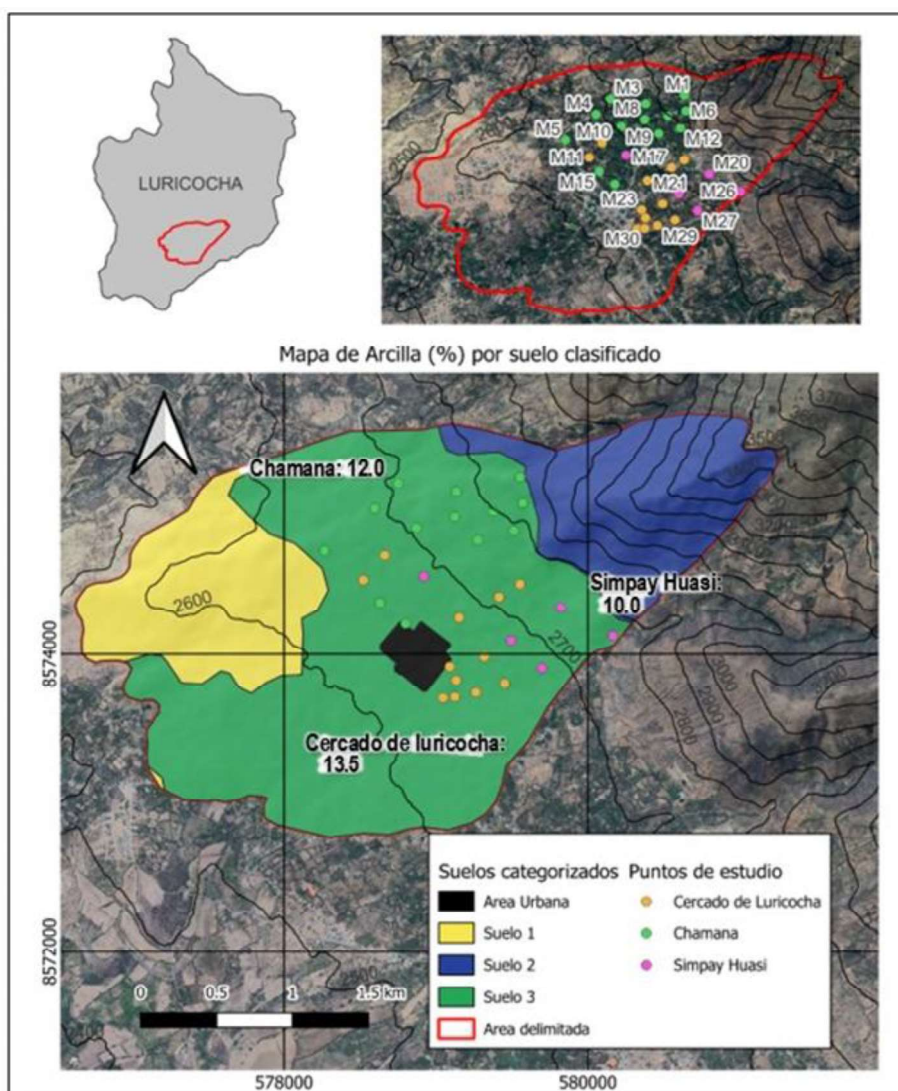
Mapa de limo (%) por suelo clasificado



En la Figura 13 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Limo (%) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 32,6; Simpay Huasi tiene promedio de 41,2; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 39,67; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 36,867 %; esto quiere decir que el porcentaje de Limo son óptimos para el cultivo de palta.

Figura 14

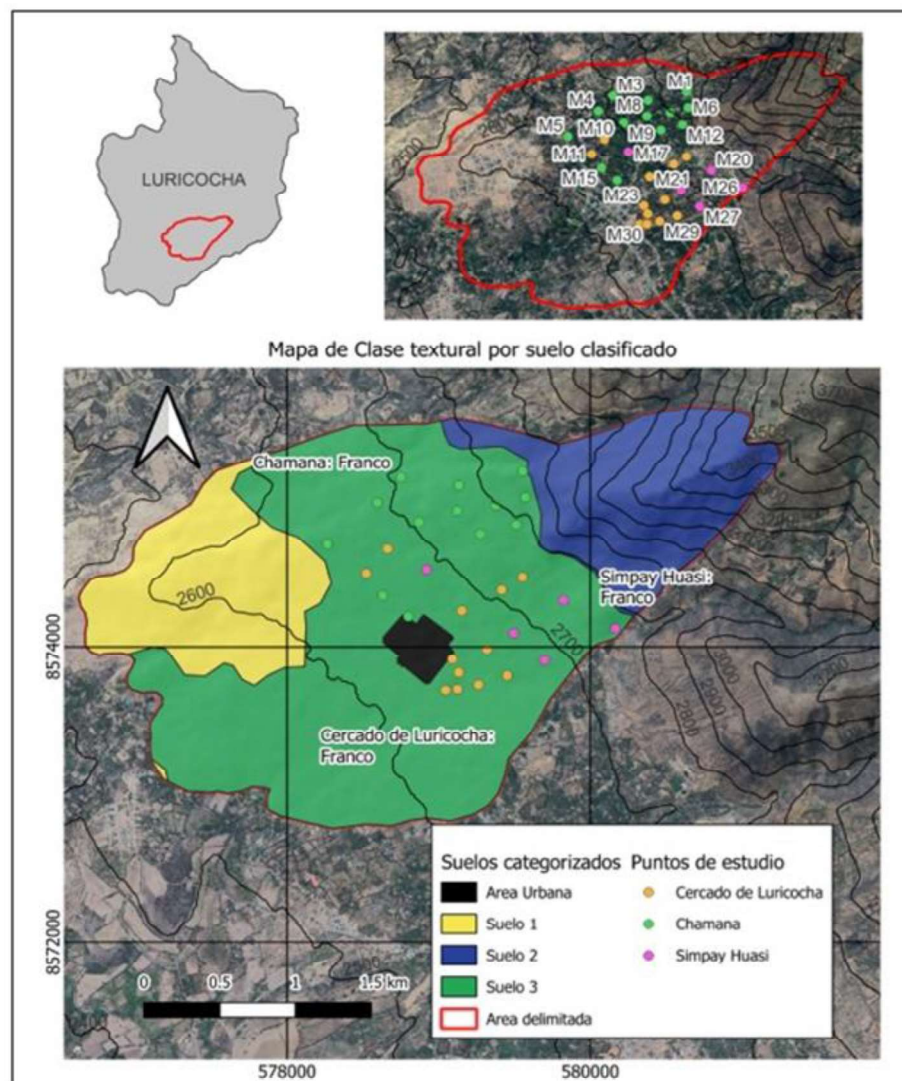
Mapa de arcilla (%) por suelo clasificado



En la Figura 14 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Arcilla (%) por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 12,0; Simpay Huasi tiene promedio de 10.0; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 13.5; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 12,267 %; esto quiere decir que el porcentaje de arcilla son óptimos para el cultivo de palta.

Figura 15

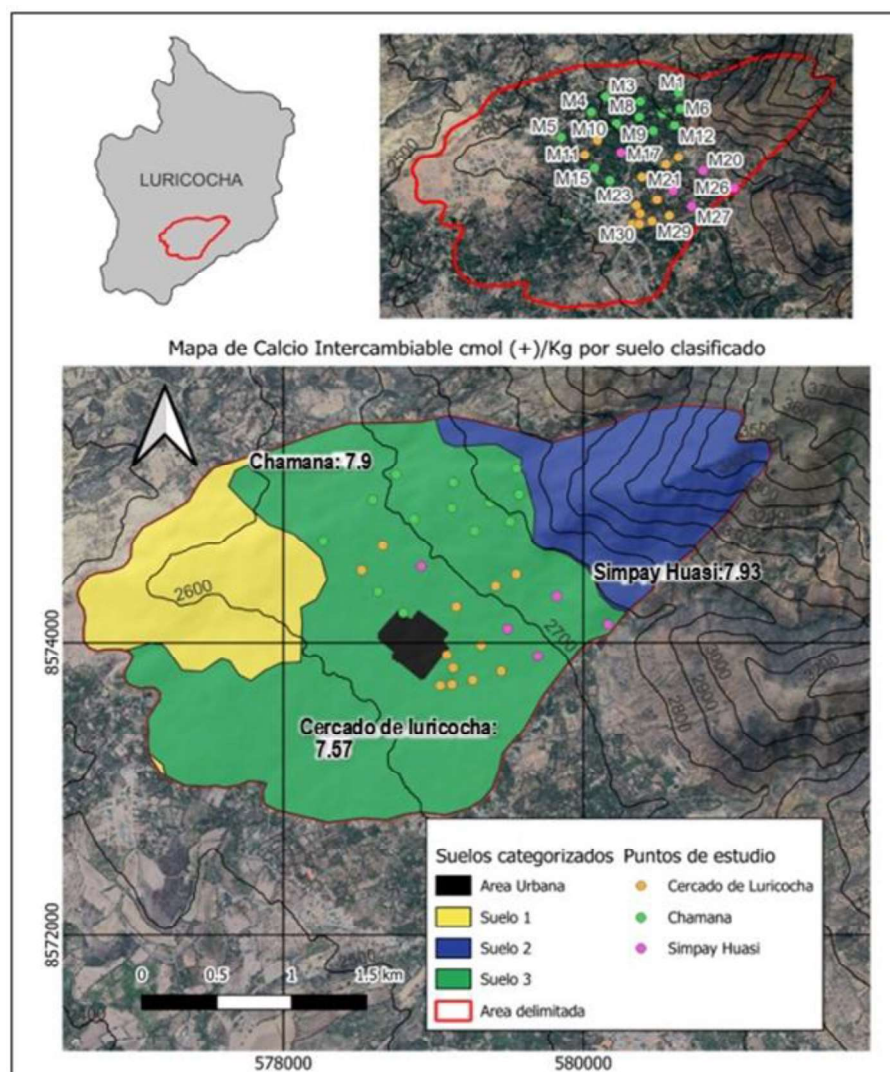
Mapa de clase textural por suelo clasificado



En la Figura 15 se observa la digitalización del mapa de sectorización con Clase Textural por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de Franco; Simpay Huasi tiene promedio de Franco; Cercado de Luricocha tiene un promedio de franco; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de clase textural franco; esto quiere decir los suelos francos son óptimos para el cultivo de palta.

Figura 16

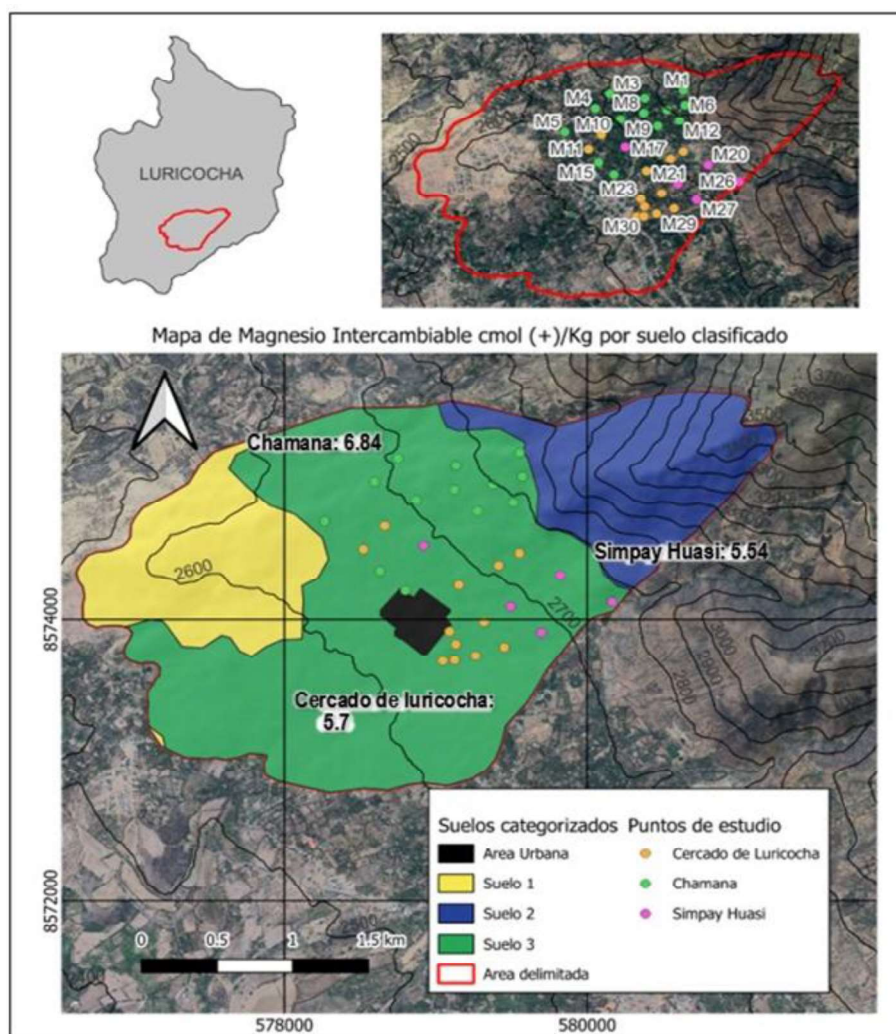
Mapa de calcio intercambiable cmol (+) kg por Suelo



En la Figura 16 se observa la digitalización del mapa de sectorización Calcio Intercambiable cmol (+) kg por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 7,9; Simpay Huasi tiene promedio de 7,93; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 7,57; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 7,765 cmol (+) Kg : esto quiere decir que el porcentaje de Calcio Intercambiable cmol (+) kg , no son óptimos para el cultivo de palta. Ya que mayor a 6 cmol (+) Kg afecta la estructura y el Ph.

Figura 17

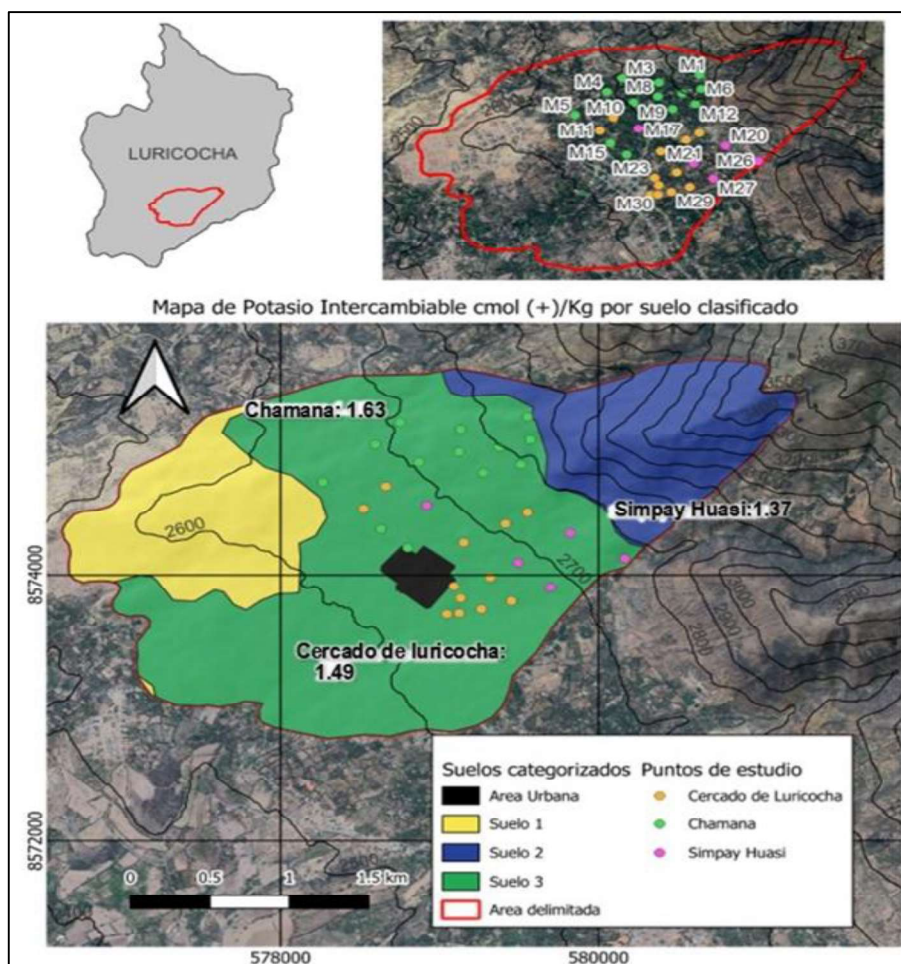
Mapa de magnesio intercambiable cmol (+) kg por suelo



En la Figura 17 se observa la digitalización del mapa de sectorización Magnesio Intercambiable cmol (+) kg por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 6,84; Simpay Huasi tiene promedio de 5,54; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 5,7; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 6,164 cmol (+) Kg ; esto quiere decir que el porcentaje de Magnesio Intercambiable cmol (+) kg , no son óptimos para el cultivo de palta. Ya que mayor a 3 cmol (+) Kg afecta la estructura, el Ph y mayor competencia entre calcio y potasio.

Figura 18

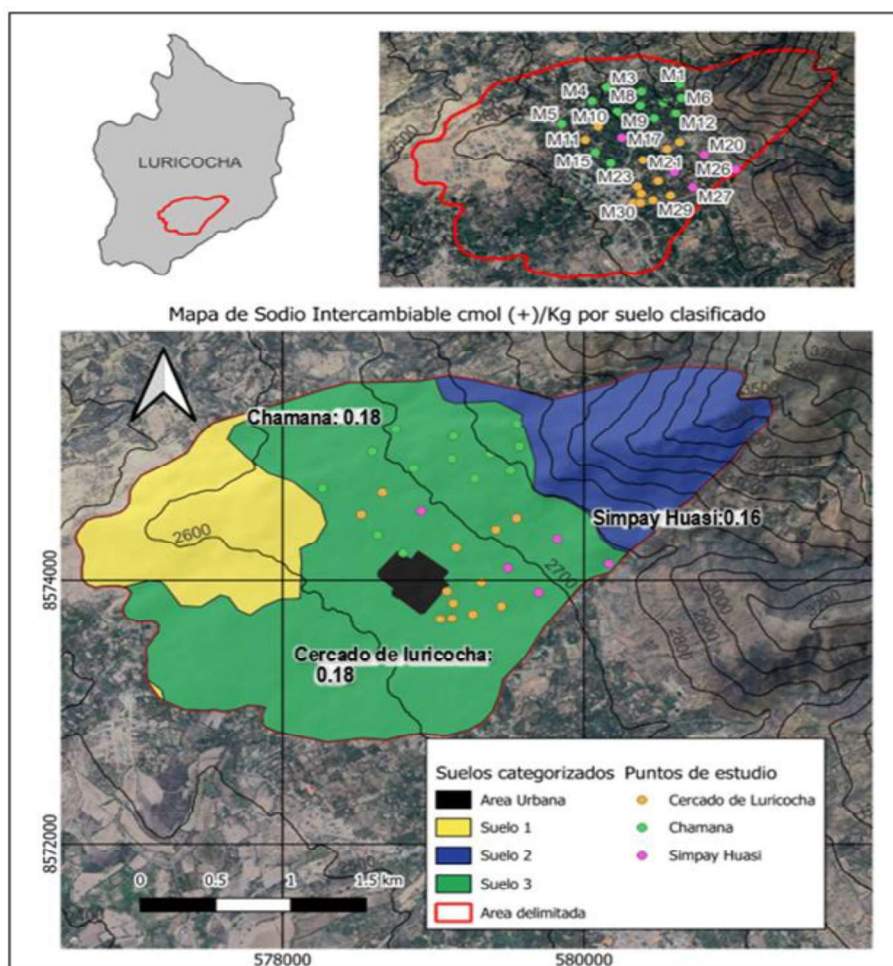
Mapa de potasio intercambiable cmol (+) kg por suelo clasificado



En la Figura 18 se observa la digitalización del mapa de sectorización Potasio Intercambiable cmol (+) kg por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 1,63; Simpay Huasi tiene promedio de 1,37; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 1,49; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 1,533 cmol (+) Kg : esto quiere decir que el porcentaje de potasio Intercambiable cmol (+) kg , no son óptimos para el cultivo de palta. Ya que mayor a 0,6 cmol (+) Kg afecta la estructura, el Ph y mayor competencia entre calcio y Magnesio.

Figura 19

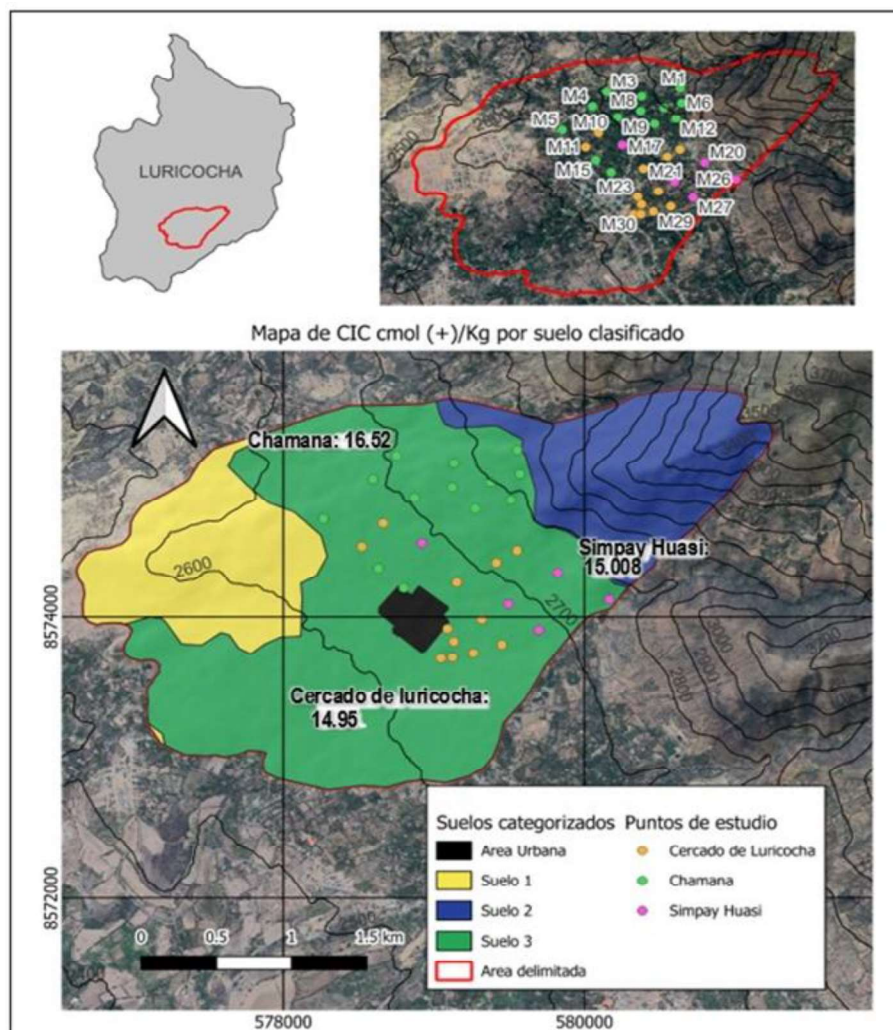
Sodio intercambiable cmol (+) kg por suelo clasificado



En la Figura 19 se observa la digitalización del mapa de sectorización Sodio Intercambiable cmol (+) kg por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 0,18; Simpay Huasi tiene promedio de 0,16; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 0,18; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 0,179 cmol (+)Kg : esto quiere decir que el porcentaje de Sodio Intercambiable cmol (+) kg , si son óptimos para el cultivo de palta. Ya que menor a 0.5 cmol (+) esta dentro del rango óptimo.

Figura 20

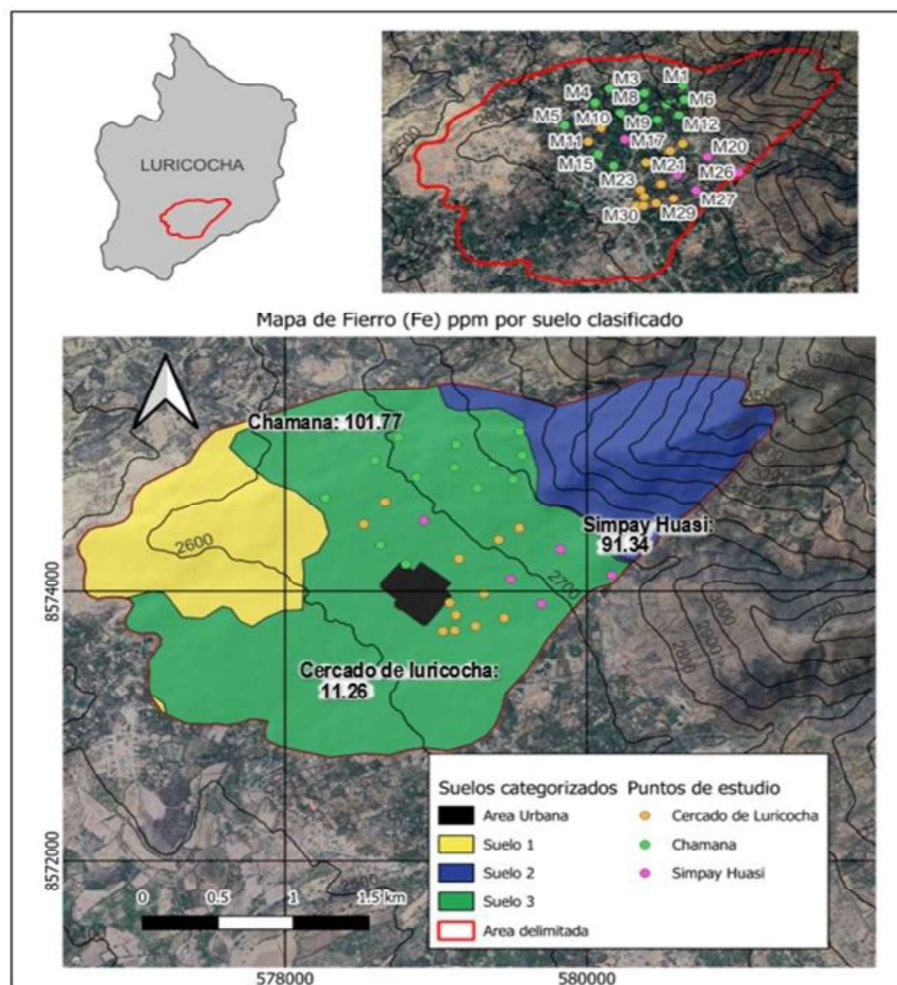
Mapa del intercambio catiónico por suelo clasificado



En la Figura 20 se observa la digitalización del mapa de sectorización Capacidad de intercambio catiónico cmol (+) Kg por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 16,52; Simpay Huasi tiene promedio del 15,008; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 14,95; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 15,641 cmol (+) Kg : esto quiere decir que el porcentaje capacidad de intercambio catiónico cmol (+) Kg , si son óptimos para el cultivo de palta. Ya que mayor o igual que 10 cmol (+) Kg están dentro del rango óptimo

Figura 21

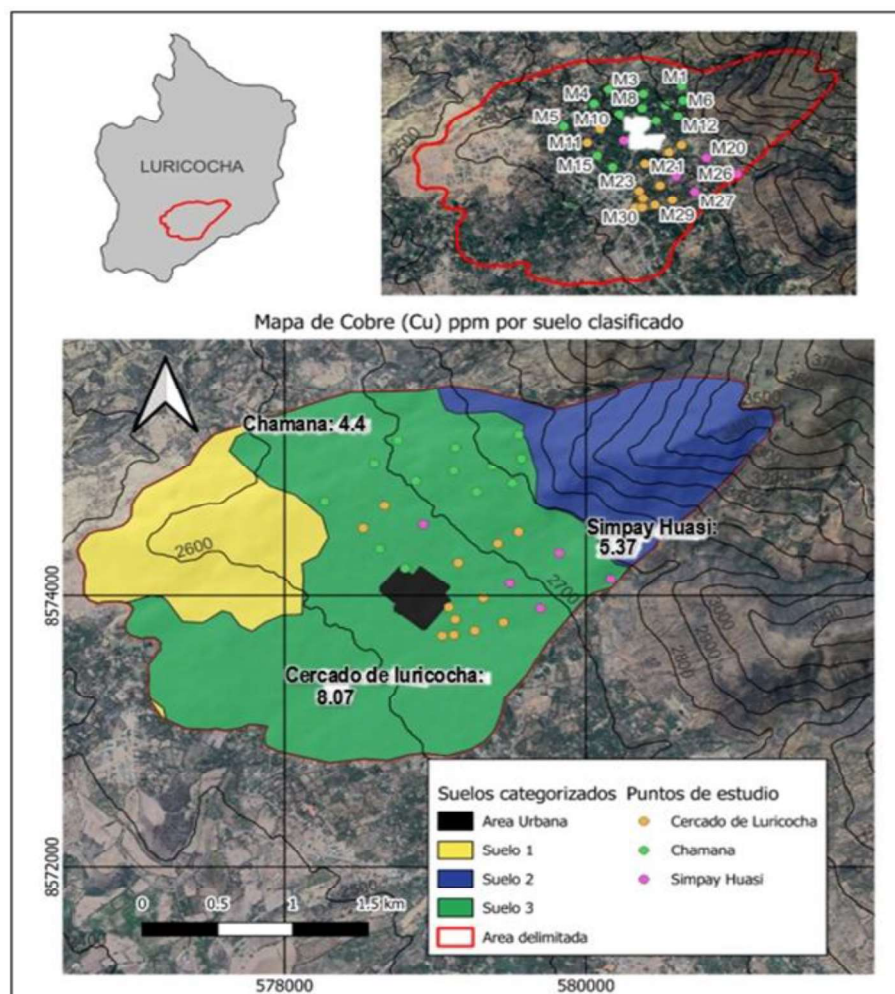
Mapa de hierro (fe) ppm por suelo clasificado



En la figura 21 se observa la digitalización del mapa de sectorización del Fierro ppm por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 101,77; Simpay Huasi tiene promedio del 91.34; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 11,26; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 103,829 ppm: esto quiere decir que el porcentaje Fierro ppm, no son óptimos para el cultivo de palta. Ya que mayor a 60 ppm se considera como exceso ya que puede alterar los microorganismos esenciales.

Figura 22

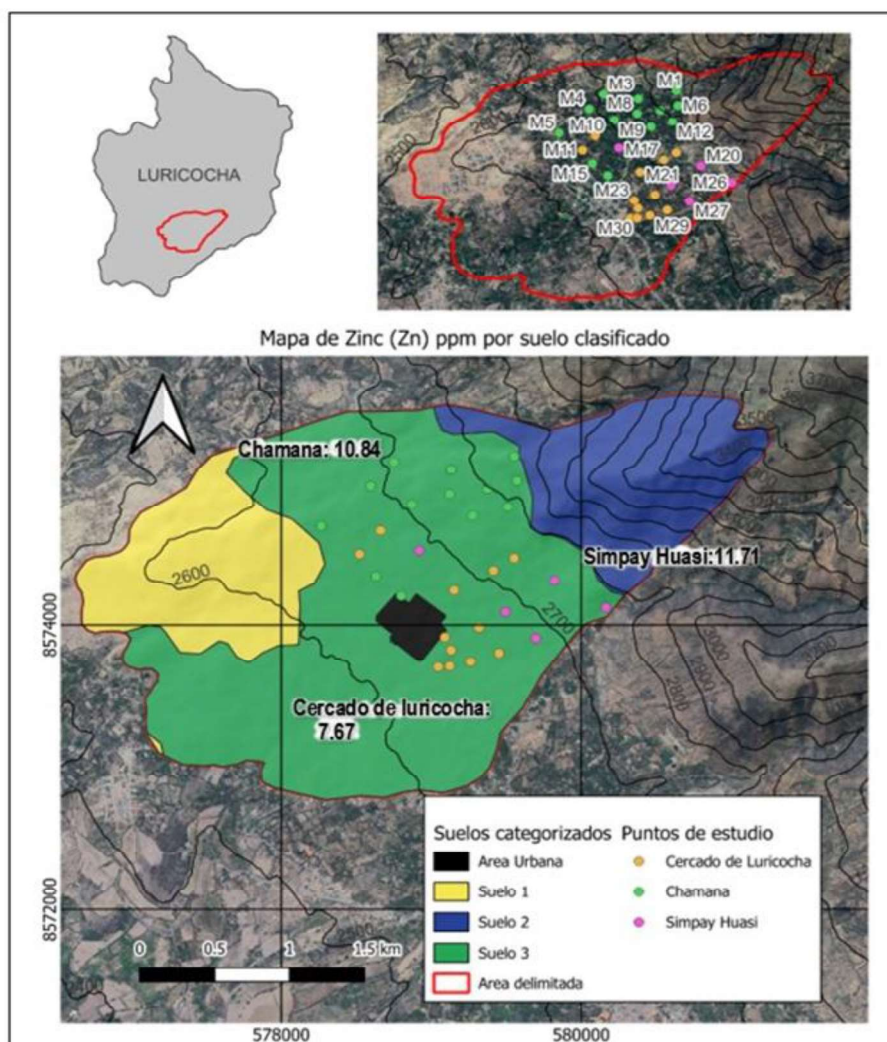
Mapa de cobre (cu) pmm por suelo clasificado



En la Figura 22 se observa la digitalización del mapa de sectorización del Cobre ppm por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 4,4; Simpay Huasi tiene promedio del 5,37; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 8,07; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 6,038 ppm: esto quiere decir que el porcentaje Cobre ppm, si son óptimos para el cultivo de palta. Ya que menor a 11 ppm, se considera dentro del rango óptimo.

Figura 23

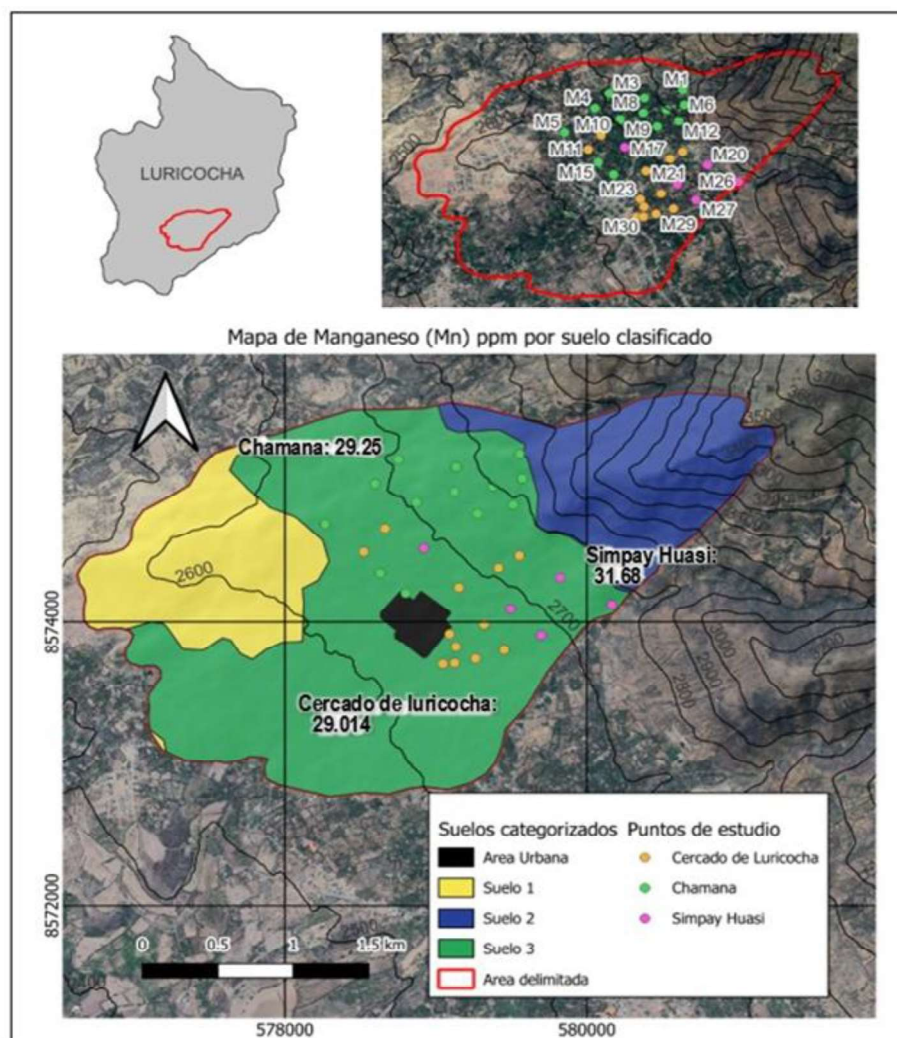
Mapa de zinc (zn) ppm por suelo clasificado



En la Figura 23 se observa la digitalización del mapa de sectorización del Zinc ppm por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 10,84; Simpay Huasi tiene promedio del 11,71; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 7,67; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 9,719 ppm: esto quiere decir que el porcentaje Zinc ppm, si son óptimos para el cultivo de palta. Ya que menor a 42 ppm, se considera dentro del rango óptimo.

Figura 24

Mapa de manganeso (mn) ppm por suelo clasificado



En la Figura 24 se observa la digitalización del mapa de sectorización del Manganese ppm por suelo clasificado en las 3 comunidades dentro de la investigación que son Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha. Donde Chamana tiene un promedio de 29,25; Simpay Huasi tiene promedio del 31,68; Cercado de Luricocha tiene un promedio de 29,014; donde promediando los resultados de las 3 comunidades se tiene un promedio de 29,559 ppm: esto quiere decir que el porcentaje Manganese ppm, si son óptimos para el cultivo de palta. Ya que menor a 64 ppm, se considera dentro del rango óptimo

4.1.1.3. Estadística descriptiva para el segundo objetivo específico:

Analizar las características físicas y químicas de los suelos con cultivo de palta destinadas a la exportación en el distrito de Luricocha.

Tabla 10

Estadística descriptiva de las características físicas y químicas de los Suelos agrícolas del distrito de Luricocha, localidad Chamana

Características físico-químicas de los suelos agrícolas	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
PH (unid. pH)	,3	7,4	7,7	7,546	,0967	,009
Conductividad Eléctrica (mS/m)	50,5	9,8	60,3	20,777	13,4512	180,935
Materia Orgánica (%)	9,7	3,4	13,1	6,915	2,7895	7,781
Nitrógeno (%)	,5	,2	,7	,348	,1398	,020
Fósforo disponible (mg/kg)	90,9	7,1	98,0	43,123	30,8106	949,290
Potasio disponible (mg/kg)	754,2	116,8	871,0	260,632	197,9043	39166,095
Arena (%)	18,0	46,0	64,0	55,385	6,4877	42,090
Limo (%)	24,0	22,0	46,0	32,615	6,8985	47,590
Arcilla (%)	13,0	6,0	19,0	12,000	4,1028	16,833
Calcio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	9,2	4,5	13,7	7,875	2,7292	7,448
Magnesio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	11,7	4,4	16,2	6,837	2,9786	8,872
Potasio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	5,8	,7	6,5	1,633	1,5266	2,331
Sodio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	,2	,1	,3	,178	,0512	,003
CIC (ppm)	25,5	11,0	36,5	16,524	6,7438	45,479
Hierro (Fe) (ppm)	124,6	60,1	184,7	101,773	36,3024	1317,862
Cobre (Cu) (ppm)	3,1	2,6	5,7	4,411	,7850	,616
Zinc (Zn) (ppm)	9,8	5,9	15,8	10,836	2,7977	7,827
Manganese (Mn) (ppm)	29,5	14,4	43,9	29,248	7,8647	61,854

La Tabla 10 presenta las estadísticas descriptivas de las características físico-químicas de los suelos en 13 puntos de muestreo de la localidad de Chamana, distrito de Luricocha.

- Características físicas: la arena varió entre 46% y 64% (media 55.39%), el limo entre 22% y 46% (media 34.23%) y la arcilla entre 6% y 19% (media 10.39%).
- pH: fluctuó entre 7.4 y 7.7, con un promedio de 7.55, indicando ligera alcalinidad. La conductividad eléctrica osciló entre 9.8 y 60.3 mS/m, con media de 20.78 mS/m.
- Materia orgánica y macronutrientes: la materia orgánica varió entre 3.4% y 13.1% (media 6.92%). El nitrógeno total entre 0.2% y 0.7% (media 0.32%). El fósforo disponible osciló entre 7.1 y 98.0 mg/kg (media 43.12 mg/kg). El potasio disponible entre 116.8 y 871.0 mg/kg (media 260.63 mg/kg).
- Cationes intercambiables: el calcio varió de 4.5 a 13.7 cmol(+)/kg (media 7.88), el magnesio de 4.4 a 16.1 cmol(+)/kg (media 6.84), el potasio de 0.7 a 6.5 cmol(+)/kg (media 1.56) y el sodio entre 0.1 y 0.3 cmol(+)/kg (media 0.18). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) osciló entre 11.0 y 36.5 ppm (media 16.53 ppm).
- Micronutrientes: el hierro (Fe) presentó valores entre 60.4 y 185.0 ppm (media 130.32), el cobre (Cu) entre 3.0 y 8.8 ppm (media 5.32), el zinc (Zn) entre 3.6 y 16.6 ppm (media 8.14) y el manganeso (Mn) entre 14.4 y 43.9 ppm (media 28.75).

Tabla 11

Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Chamana

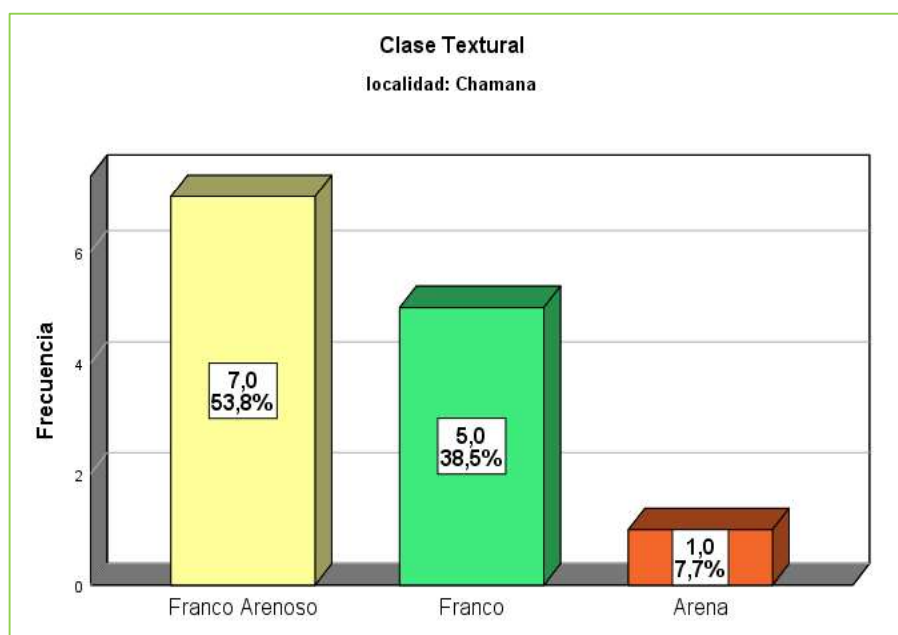
Clase textural	Frecuencia	Porcentaje %
Arena	1	7,7
Franco	5	38,5
Franco Arenoso	7	53,8
Total	13	100,0

La Tabla 11 y la Figura 25 muestran que en la localidad de Chamana predominan los suelos franco-arenosos (53.8%), seguidos de francos (38.5%) y en menor medida arenosos (7.7%). Esta composición ofrece buen drenaje y retención moderada de humedad, condiciones favorables para el

cultivo de palto. Los suelos franco-arenosos equilibran aireación y retención de agua, favoreciendo el desarrollo radicular, mientras que los más arenosos pueden limitar la retención de nutrientes y requerir un manejo adecuado de fertilización y riego.

Figura 25

Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha Localidad Chamana



La Tabla 12 muestra las estadísticas descriptivas de las características físico-químicas de los 5 puntos de muestreo del suelo en la localidad de Simpay Huasi, distrito de Luricocha.

- pH: varió entre 7.3 y 7.7, con un promedio de 7.52, indicando un suelo ligeramente alcalino. Conductividad eléctrica fluctuó entre 11.3 y 24.7 mS/m, con un promedio de 18.66 mS/m, reflejando ausencia de problemas de salinidad.
- Materia orgánica y Macronutrientes: La materia orgánica osciló entre 4.6% y 7.9%, con un promedio de 6.32%. Nitrógeno total, presentó valores de 0.2% a 0.4%, con un promedio de 0.32%. Fósforo disponible, mostró una amplia variación de 9.5 a 93.1 mg/kg, con un promedio de

29.40 mg/kg. Potasio disponible: fluctuó entre 122.6 y 366.5 mg/kg, con un promedio de 241.52 mg/kg.

- Textura del suelo: arena entre 43% y 54% con un promedio 48.4%; limo entre 36% y 50%, promedio 41.2%; arcilla entre 6% y 15.2%, promedio 10.4%.
- Cationes intercambiables: calcio entre 4.7 y 9.5 cmol(+)/kg, promedio 7.94; magnesio entre 3.1 y 8.3 cmol(+)/kg promedio 5.74; potasio entre 0.6 y 2.2 cmol(+)/kg, promedio 1.37; sodio entre 0.1 y 0.2 cmol(+)/kg, promedio 0.16. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), osciló entre 10.8 y 20.0 ppm, con un promedio de 15.0 ppm y desviación de 3.85 ppm.
- Micronutrientes: hierro (Fe) entre 68.3 y 147.2 ppm, con un promedio de 91.34 ppm y desviación de 32.04 ppm; cobre (Cu) entre 4.4 y 6.5 ppm, promedio 5.37 ppm y desviación 0.75 ppm; zinc (Zn) entre 9.8 y 15.2 ppm, promedio 11.21 ppm y desviación 2.47 ppm; manganeso (Mn) entre 25.5 y 35.8 ppm, promedio 31.68 ppm y desviación 4.17 ppm.

Tabla 12

Estadística Descriptiva de las Características Físicas y Químicas de los Suelos Agrícolas del Distrito de Luricocha- Localidad Simpay Huasi

Características físico-químicas de los suelos agrícolas	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
PH (unid. pH)	,4	7,3	7,7	7,520	,1483	,022
Conductividad Eléctrica (mS/m)	13,4	11,3	24,7	18,660	5,6492	31,913
Materia Orgánica (%)	3,3	4,6	7,9	6,320	1,2558	1,577
Nitrógeno (%)	,2	,2	,4	,318	,0638	,004
Fósforo disponible (mg/kg)	83,6	9,5	93,1	29,400	35,7925	1281,100
Potasio disponible (mg/kg)	243,9	122,6	366,5	241,520	112,5873	12675,893
Arena (%)	11,0	43,0	54,0	48,800	4,0866	16,700
Limo (%)	14,0	36,0	50,0	41,200	5,7619	33,200
Arcilla (%)	10,0	7,0	17,0	10,000	4,0620	16,500
Calcio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	4,8	4,7	9,5	7,938	1,9418	3,771
Magnesio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	5,2	3,1	8,2	5,536	1,9002	3,611
Potasio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	1,6	,6	2,2	1,374	,7233	,523
Sodio Intercambiable (cmol (+) /Kg)	,1	,1	,2	,160	,0406	,002
CIC (ppm)	9,2	11,0	20,2	15,008	3,8844	15,088
Fierro (Fe) (ppm)	78,9	68,3	147,2	91,344	32,0447	1026,865
Cobre (Cu) (ppm)	2,1	4,4	6,4	5,374	,7545	,569
Zinc (Zn) (ppm)	5,4	9,8	15,2	11,714	2,1469	4,609
Manganeso (Mn) (ppm)	10,3	25,5	35,8	31,678	4,1684	17,375

En conjunto, los suelos de Simpay Huasi presentan condiciones favorables para el cultivo de palto, aunque requieren un manejo eficiente de riego y fertilización para optimizar su productividad.

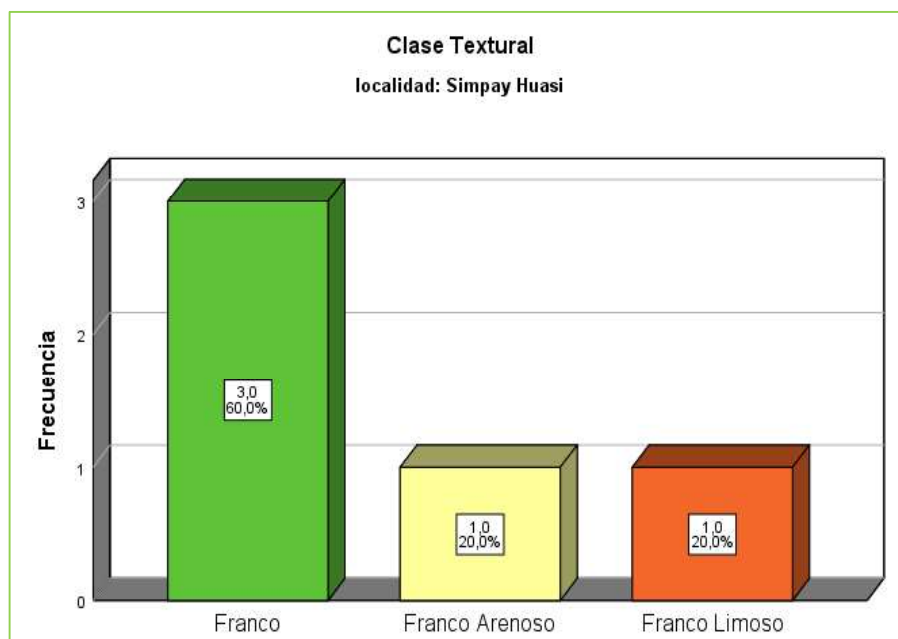
Tabla 13

Porcentaje de Tipos de Clase Textural de los Suelos Agrícolas del Distrito de Luricocha-Localidad Simpay Huasi

Clase textural	Frecuencia	Porcentaje %
Franco	3	60,0
Franco Arenoso	1	20,0
Franco Limoso	1	20,0
Total	5	100,0

Figura 26

Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha - localidad Simpay Huasi



La Tabla 12 y Figura 26 muestran las características físico-químicas de cinco puntos de muestreo en Simpay Huasi, distrito de Luricocha. La textura predominante fue franco (60%), seguida de franco arenoso (20%) y franco limoso (20%). Esta distribución indica que los suelos presentan buenas condiciones de drenaje y retención de humedad, favorables para el

cultivo de palto (*Persea americana*), aunque requieren un manejo adecuado de riego y fertilización para optimizar su productividad.

Tabla 14

Estadística descriptiva de las características físicas y químicas de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Cercado de Luricocha

Características físico-químicas de los suelos agrícolas	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
PH (unid. pH)	,8	7,1	7,9	7,508	,2610	,068
Conductividad Eléctrica (mS/m)	15,9	9,4	25,3	17,475	5,4481	29,682
Materia Orgánica (%)	5,8	2,3	8,1	5,675	1,7452	3,046
Nitrógeno (%)	,3	,1	,4	,288	,0876	,008
Fósforo disponible (mg/kg)	95,8	1,9	97,7	22,292	27,5545	759,252
Potasio disponible (mg/kg)	338,3	88,9	427,2	234,765	97,2343	9454,513
Arena (%)	14,0	40,0	54,0	46,833	5,2368	27,424
Limo (%)	24,0	30,0	54,0	39,667	6,5412	42,788
Arcilla (%)	14,0	6,0	20,0	13,500	5,3172	28,273
Calcio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	5,0	3,9	8,8	7,573	1,4558	2,119
Magnesio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	9,9	2,0	11,9	5,697	2,4335	5,922
Potasio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	2,1	,4	2,6	1,492	,6525	,426
Sodio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	,1	,1	,3	,188	,0479	,002
CIC (ppm)	8,7	9,6	18,3	14,948	2,4583	6,043
Fierro (Fe) (ppm)	148,3	58,1	206,4	111,259	42,0069	1764,583
Cobre (Cu) (ppm)	43,8	2,0	45,8	8,077	11,9337	142,414
Zinc (Zn) (ppm)	8,6	4,0	12,6	7,677	2,4726	6,114
Manganeso (Mn) (ppm)	26,9	12,7	39,7	29,014	7,8231	61,201

La Tabla 14 presenta las estadísticas descriptivas de las características físico-químicas de los 12 puntos de muestreo del suelo en la comunidad de Cercado de Luricocha.

- pH: varió entre 7.1 y 7.9, con un promedio de 7.51, indicando suelos ligeramente alcalinos. La conductividad eléctrica fluctuó entre 9.4 y 25.3 mS/m, con un promedio de 17.48 mS/m, sin evidencias de salinidad.
- Materia orgánica y macronutrientes: la materia orgánica osciló entre 2.3% y 8.1%, con un promedio de 5.68%. El nitrógeno total presentó valores de 0.1% a 0.4%, con un promedio de 0.29%. El fósforo disponible mostró una amplia variación de 1.9 a 97.7 mg/kg, con un promedio de 22.29 mg/kg. El potasio disponible fluctuó entre 88.9 y 427.2 mg/kg, con un promedio de 234.77 mg/kg.

- Textura del suelo: la arena varió entre 40% y 54%, con un promedio de 46.83%; el limo entre 30% y 54%, con un promedio de 39.67%; y la arcilla entre 6% y 20%, con un promedio de 13.50%, lo que refleja predominio de suelos francos.
- Cationes intercambiables: el calcio osciló entre 3.9 y 8.8 cmol(+)/kg, promedio 7.57; el magnesio entre 2.0 y 11.9 cmol(+)/kg, promedio 5.70; el potasio entre 0.4 y 2.6 cmol(+)/kg, promedio 1.49; y el sodio entre 0.1 y 0.3 cmol(+)/kg, promedio 0.19. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) varió de 9.6 a 18.3 ppm, con un promedio de 14.95 ppm.
- Micronutrientes: el hierro (Fe) presentó valores entre 58.1 y 206.4 ppm, con un promedio de 111.26 ppm; el cobre (Cu) entre 2.0 y 45.8 ppm, promedio 8.08 ppm; el zinc (Zn) entre 4.0 y 12.6 ppm, promedio 7.68 ppm; y el manganeso (Mn) entre 12.7 y 39.7 ppm, promedio 29.01 ppm.

En conjunto, los suelos de Cercado de Luricocha presentan características físico-químicas adecuadas para el cultivo de palto, aunque se requiere un manejo apropiado de fertilización y riego para potenciar su productividad.

Tabla 15

Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Cercado de Luricocha

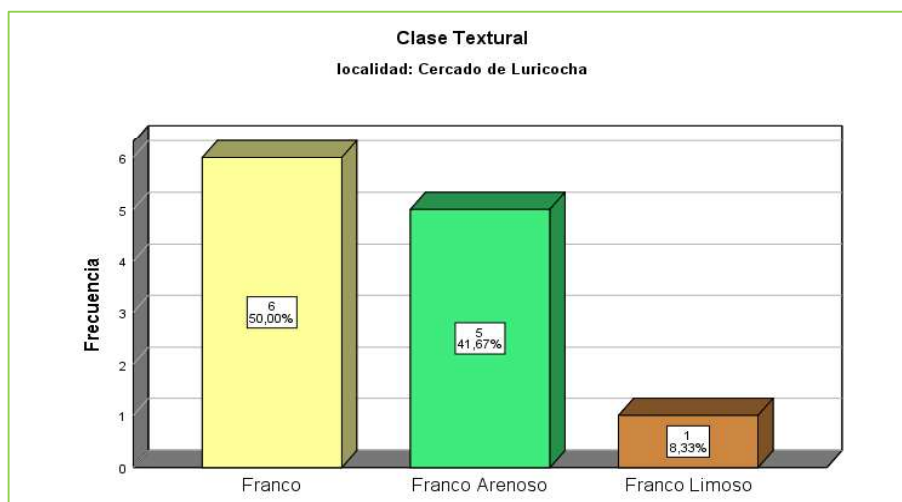
Clase textural	Frecuencia	Porcentaje %
Franco	6	50,0
Franco Arenoso	5	41,7
Franco Limoso	1	8,3
Total	12	100,0

La Tabla 15 y Figura 27 muestran las características físico-químicas de 12 puntos de muestreo en Cercado de Luricocha. La textura predominante fue franca (50%), seguida de franco arenoso (41.7%) y, en menor proporción, franco limoso (8.3%). Los suelos francos ofrecen buen equilibrio entre retención de agua y drenaje, mientras que los francos

arenosos presentan mayor aireación, pero menor capacidad de retención de nutrientes, lo que exige un manejo eficiente de fertilización y riego. En general, estas condiciones son favorables para el cultivo de palto (*Persea americana*).

Figura 27

Porcentaje de tipos de clase textural de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha-localidad Cercado de Luricocha



4.1.1.4. Estadística descriptiva para el tercer objetivo específico:

Determinar en qué medida las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha se ajustan a los requerimientos óptimos del cultivo de palta para exportación.

Tabla 16

Comparación de las características físicas químicas de los suelos agrícolas de Luricocha con estándares óptimos para el cultivo de la palta

Características físico-químicas	Mínimo	Máximo	Media	Estándares	Propicio para el cultivo palta	Observación
PH (unid. pH)	7,1	7,9	7,527	5.5- 7 ph	si	ligeramente alcalino
Conductividad Eléctrica (mS/m)	9,4	60,3	19,103	< 2000mS/m	si	> 2000mS/m generan efectos tóxicos
Materia Orgánica (%)	2,3	13,1	6,32	2.5-5 %	si	>5.5. % exceso de humedad, desbalance nutricional, alteración del ph
Nitrógeno (%)	0,1	0,7	0,319	0.16-0.28 %		dentro del rango optimo
Fósforo disponible (mg/kg)	1,9	98	32,503	30-400mg/kg	si	dentro del rango optimo
Potasio disponible (mg/kg)	88,9	871	247,1	110-680 mg/kg	si	dentro del rango optimo
Arena (%)	40	64	50,867	variado	si	presencia significativa favorece el drenaje
Limo (%)	22	54	36,867	variado	si	presencia significativa retención de agua y nutrientes
Arcilla (%)	6	20	12,267	<20%	si	dentro del rango optimo
Calcio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	3,9	13,7	7,765	4.5-6 cmol (+)/Kg	no	exceso de Ca afecta estructura y ph
Magnesio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	2	16,2	6,164	2-3cmol (+)/Kg	no	exceso de Mg afecta estructura, ph y competencia con Ca y K
Potasio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	0,4	6,5	1,533	0.5-0.6cmol (+)/Kg	no	exceso de k, afecta el ph y competencia con Ca y Mg
Sodio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	0,1	0,3	0,179	< 0.5 cmol (+)/Kg	si	dentro del rango optimo
CIC (ppm)	9,6	36,5	15,641	≥ 10cmol (+)/Kg	si	dentro del rango optimo
Fierro (Fe) (ppm)	58,1	206,4	103,829	19-60ppm	no	muy exceso alteración en micronutrientes esenciales
Cobre (Cu) (ppm)	2	45,8	6,038	0.56-11ppm	si	dentro del rango optimo
Zinc (Zn) (ppm)	4	15,8	9,719	1.9-42ppm	si	alto, pero dentro del rango optimo
Manganeso (Mn) (ppm)	12,7	43,9	29,559	3.2-64ppm	si	alto, pero dentro del rango optimo

Según la tabla 16, donde muestra las propiedades físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha muestran condiciones en general favorables para el cultivo de palto (*Persea americana*). El pH (7.1–7.9) indica suelos ligeramente alcalinos, adecuados para el desarrollo del cultivo. Los niveles de N, P y K disponibles son óptimos, al igual que la CIC (≥ 10 cmol(+)/kg), lo que garantiza buena retención y disponibilidad de nutrientes. La textura es equilibrada, favoreciendo la aireación y retención hídrica, aunque su variabilidad sugiere la necesidad de un manejo localizado. Se identificaron riesgos asociados a alta conductividad eléctrica,

exceso de materia orgánica (>5.5%) y concentraciones elevadas de cationes intercambiables (Ca, Mg, K), que podrían inducir desequilibrios nutricionales. En cuanto a micronutrientes, se detectó un exceso de hierro, mientras que cobre, zinc y manganeso se mantuvieron en rangos adecuados.

Tabla 17

Comparaciones de las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha-Chamana con estándares óptimos para el cultivo de palta

Características físico químicas	Mínimo	Máximo	Media	Estándares	Propicio para el cultivo palta	Observación
PH (unid. pH)	7,10	7,90	7,5154	5.5- 7 ph	No	Suelo alcalino, reduce absorción de nutrientes.
Conductividad Eléctrica (mS/m)	9,40	25,20	17,9692	< 2000mS/m	Sí	Muy por debajo del límite de salinidad, no hay riesgo.
Materia Orgánica (%)	2,30	7,50	5,8462	2.5-5 %	Sí	Ligeramente alto, mejora fertilidad y estructura.
Nitrógeno (%)	,12	,38	,2954	0.16-0.28 %	Sí	Un poco alto, pero favorece crecimiento inicial.
Fósforo disponible (mg/kg)	1,90	93,10	23,5308	30-400mg/kg	No	Bajo respecto al rango, limitará desarrollo radicular.
Potasio disponible (mg/kg)	88,92	354,96	212,3600	110-680 mg/kg	Sí	Dentro del rango óptimo para fructificación.
Arena (%)	43,00	64,00	49,9231	variado	Sí	Buena aireación y drenaje.
Limo (%)	30,00	50,00	39,2308	variado	Sí	Complementa la textura del suelo.
Arcilla (%)	6,00	19,00	10,8462	<20%	Sí	Arcilla baja, evita compactación.
Calcio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	4,69	9,75	7,7669	4.5-6 cmol (+)/Kg	No	Exceso de Ca, puede antagonizar otros nutrientes.
Magnesio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	1,97	6,36	4,8700	2-3cmol (+)/Kg	No	Sobrepasa el rango, afecta balance catiónico.
Potasio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	,41	2,09	1,1738	0.5-0.6cmol (+)/Kg	No	Alto respecto al óptimo, posible desbalance con Mg y Ca.
Sodio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	,12	,25	,1654	< 0.5 cmol (+)/Kg	No	Muy bajo, sin problemas de salinización.
CIC (ppm)	9,59	18,27	13,9762	≥ 10cmol (+)/Kg	Sí	Buena capacidad de retención de nutrientes.
Hierro (Fe) (ppm)	58,07	184,69	96,9862	19-60ppm	Sí	Exceso, puede inducir toxicidad con pH alto.
Cobre (Cu) (ppm)	2,61	6,42	4,9454	0.56-11ppm	No	Correcto, dentro del rango.
Zinc (Zn) (ppm)	3,98	15,18	9,6377	1.9-42ppm	Sí	Aporta micronutriente esencial.
Manganeso (Mn) (ppm)	16,73	43,91	31,8015	3.2-64ppm	Sí	Nivel adecuado para metabolismo vegetal.

La Tabla 17 presenta el análisis físico-químico del suelo en la comunidad de Chamana (Luricocha) revela condiciones mayormente favorables para el cultivo de palto (*Persea americana*). El suelo presenta textura franco arenosa, baja proporción de arcilla (<20%), buena aireación y drenaje, una CIC >10 cmol(+)/kg y niveles adecuados de materia orgánica, lo que favorece la fertilidad y estructura del suelo. No obstante, se

identifican limitantes: pH alcalino (7.5), deficiencia de fósforo disponible y exceso de cationes intercambiables (Ca, Mg, K), factores que pueden afectar la disponibilidad de micronutrientes, generar desbalances nutricionales y limitar el desarrollo óptimo del cultivo.

Tabla 18

Comparación de las características Físico-Químicas de los suelos agrícolas de Luricocha-Cercado de Luricocha con estándares óptimos para el cultivo de palta.

Características físico químicas	Mínimo	Máximo	Media	Estándares	Propicio para el cultivo palta	Observación
PH (unid. pH)	7,40	7,80	7,5750	5.5- 7 ph	No	El pH es alcalino, fuera del rango óptimo, puede limitar disponibilidad de nutrientes.
Conductividad Eléctrica (mS/m)	9,80	33,50	16,5667	< 2000mS/m	Si	Muy baja, sin riesgo de salinidad.
Materia Orgánica (%)	3,40	10,10	6,8250	2.5-5 %	Si	Ligeramente alta, mejora la fertilidad y estructura del suelo.
Nitrógeno (%)	,17	,51	,3442	0.16-0.28 %	No	Exceso de N, puede inducir crecimiento vegetativo excesivo.
Fósforo disponible (mg/kg)	7,10	98,00	30,2833	30-400mg/kg	Si	En el límite inferior, pero cumple con el rango óptimo.
Potasio disponible (mg/kg)	116,76	366,46	222,0550	110-680 mg/kg	Si	Dentro del rango adecuado.
Arena (%)	40,00	64,00	52,0833	variado	Si	Buena proporción de arena para drenaje.
Limo (%)	26,00	46,00	34,6667	variado	Si	Complementa textura del suelo.
Arcilla (%)	8,00	20,00	13,2500	<20%	Si	Adecuada, evita compactación excesiva.
Calcio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	4,84	10,51	7,8917	4.5-6 cmol (+)/Kg	No	Sobre el rango, posible desbalance catiónico.
Magnesio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	4,12	8,24	6,3633	2-3cmol (+)/Kg	No	Muy alto, puede afectar absorción de K y Ca.
Potasio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	,66	2,18	1,3183	0.5-0.6cmol (+)/Kg	No	Exceso de K intercambiable, riesgo de antagonismo con Mg.
Sodio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	,11	,28	,1733	< 0.5 cmol (+)/Kg	Si	Muy bajo, sin problemas de salinización.
CIC (ppm)	11,71	21,01	15,7458	≥ 10cmol (+)/Kg	Si	Buena capacidad de retención de nutrientes.
Fierro (Fe) (ppm)	63,49	141,79	104,1775	19-60ppm	No	Exceso de Fe, con pH alto puede inducir toxicidad.
Cobre (Cu) (ppm)	3,42	5,49	4,6258	0.56-11ppm	Si	Dentro del rango, adecuado.
Zinc (Zn) (ppm)	7,17	14,42	10,4233	1.9-42ppm	Si	Correcto, dentro del rango óptimo.
Manganeso (Mn) (ppm)	14,37	35,77	29,7858	3.2-64ppm	Si	Adecuado, contribuye al metabolismo vegetal.

En la tabla 18 se observa que los suelo de la localidad de Cercado de Luricocha presenta características físico-químicas mayormente favorables para el cultivo de palta (*Persea americana*), con textura adecuada, CIC >10 cmol(+)/kg y niveles óptimos de CE, fósforo, potasio y micronutrientes

como Zn, Cu y Mn. Sin embargo, el pH alcalino (7.4–7.8) puede limitar la disponibilidad de micronutrientes, y se identifican excesos de nitrógeno y cationes intercambiables (Ca, Mg, K), lo que podría generar desbalances nutricionales. Los niveles elevados de hierro, combinados con el pH alto, incrementan el riesgo de toxicidad. Se recomienda un manejo correctivo mediante acidificación moderada y fertilización balanceada para optimizar la productividad y sostenibilidad del cultivo.

Tabla 19

Comparación de las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha-Simpay Huasi con estándares óptimos para cultivo de palta

Características físico químicas	Mínimo	Máximo	Media	Estándares	Propicio para el cultivo palta	Observación
PH (unid. pH)	7,20	7,60	7,44	5.5- 7 ph	No	El pH es alcalino, por encima del rango óptimo; puede reducir disponibilidad de micronutrientes.
Conductividad Eléctrica (mS/m)	15,00	60,30	28,14	< 2000mS/m	Sí	Muy por debajo del límite, sin riesgo de salinidad.
Materia Orgánica (%)	3,80	13,10	6,34	2.5-5 %	Sí	Aporta fertilidad, pero valores altos pueden inducir desbalances.
Nitrógeno (%)	,19	,66	,32	0.16-0.28 %	No	Exceso de N, puede inducir crecimiento vegetativo excesivo y reducir floración.
Fósforo disponible (mg/kg)	9,50	97,70	61,16	30-400mg/kg	Sí	Dentro del rango, adecuado para desarrollo radicular y floración.
Potasio disponible (mg/kg)	125,96	871,00	397,53	110-680 mg/kg	Sí	Adecuado en promedio, aunque algunos valores exceden el rango óptimo.
Arena (%)	40,00	60,00	50,4	variado	Sí	Buena proporción, favorece drenaje.
Limo (%)	22,00	54,00	36,0	variado	Sí	Complementa textura del suelo.
Arcilla (%)	6,00	20,00	13,6	<20%	Sí	Dentro del rango, evita compactación excesiva.
Calcio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	3,88	13,69	7,456	4.5-6 cmol (+)/Kg	No	Promedio superior al rango, puede generar desbalance con Mg y K.
Magnesio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	5,37	16,15	9,05	2-3cmol (+)/Kg	No	Muy alto, interfiere con la absorción de otros nutrientes.
Potasio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	1,18	6,45	2,984	0.5-0.6cmol (+)/Kg	No	Exceso notable, riesgo de antagonismo con Mg y Ca.
Sodio Intercambiable (cmol (+)/Kg)	,17	,27	,226	< 0.5 cmol (+)/Kg	Sí	Muy bajo, no presenta riesgo de salinidad.
CIC (ppm)	11,20	36,53	19,716	≥ 10cmol (+)/Kg	Sí	Buena capacidad de retención de nutrientes.
Hierro (Fe) (ppm)	66,53	206,35	120,786	19-60ppm	No	Exceso, puede inducir toxicidad y reducir disponibilidad de otros micronutrientes.
Cobre (Cu) (ppm)	2,04	45,82	12,268	0.56-11ppm	No	En algunos suelos excede el rango, riesgo de toxicidad.
Zinc (Zn) (ppm)	4,89	15,76	8,238	1.9-42ppm	Sí	Dentro del rango, adecuado.
Manganeso (Mn) (ppm)	12,72	32,31	23,186	3.2-64ppm	Sí	Correcto, buen aporte para metabolismo enzimático.

La Tabla 19 muestra los suelos agrícolas de Luricocha-Simpayhuasi presentan condiciones físico-químicas mayormente favorables para el cultivo de palta (*Persea americana*), destacando su textura franco-arenosa, buena aireación, baja conductividad eléctrica, niveles adecuados de fósforo, potasio, zinc y manganeso, así como una CIC superior a 10 cmol(+)/kg. Sin embargo, se identifican limitantes como el pH alcalino (7.2–7.6), exceso de nitrógeno y concentraciones elevadas de cationes intercambiables (Ca, Mg, K), que pueden inducir desbalances en la absorción de nutrientes. Asimismo, se detectaron niveles altos de hierro y cobre, con riesgo potencial de toxicidad. Se recomienda la implementación de prácticas correctivas como la acidificación moderada, fertilización balanceada y monitoreo continuo de nutrientes para garantizar un desarrollo sostenible del cultivo.

4.1.1.5. Estadística inferencial.

Estadística inferencial para el cuarto objetivo: Comparar las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas entre las comunidades con cultivo de palta de exportación en Luricocha.

4.1.1.5.1. pH del suelo.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del pH del suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del pH del suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 20*Prueba de normalidad*

Comunidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Chamana	,970	13	,899
Luricocha	,858	12	,046
Simpay Huasi	,914	5	,492

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la Tabla 20 se presentan los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk aplicada a las muestras de suelo de las comunidades evaluadas. Se observa que en Chamana ($p = 0.899$) y Simpay Huasi ($p = 0.492$), los valores de significancia son mayores a 0.05, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente en estas comunidades. Sin embargo, en Luricocha ($p = 0.046$), el valor de significancia es inferior al umbral crítico, por lo que se rechaza la hipótesis de normalidad, sugiriendo una distribución no normal de los datos. Estos resultados implican la necesidad de considerar el uso de pruebas estadísticas no paramétricas en los análisis posteriores para la comunidad de Luricocha, mientras que para Chamana y Simpay Huasi se podrían aplicar métodos paramétricos, asumiendo la normalidad de los datos.

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 21*Prueba de Kruskal-Wallis*

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	1,949	2	,377

En la Tabla 21 se presentan los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, aplicada con el fin de determinar si existen diferencias significativas en las características de los suelos agrícolas entre las comunidades evaluadas (Chamana, Luricocha y Simpay Huasi). El valor del estadístico H fue de 1.949 con 2 grados de libertad, y un valor de significancia de 0.377 ($p > 0.05$). Dado que el valor de p es superior al umbral crítico de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo cual indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable analizada entre las tres comunidades. En este contexto, se infiere que, respecto a la variable evaluada, los suelos agrícolas de las zonas con cultivo de palta presentan comportamientos similares, sin diferencias sustanciales atribuibles a la ubicación geográfica o sectorización comunal.

4.1.1.5.2. Conductividad eléctrica.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias de la conductividad eléctrica del suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias de la conductividad eléctrica del suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

La tabla 22 muestra los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos de conductividad eléctrica del suelo en las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. Esta prueba permite determinar si los datos presentan una distribución normal, requisito

importante para la aplicación de pruebas paramétricas en análisis comparativos. En el caso de Chamana, se obtuvo un valor de $p = 0.617$, superior al umbral de 0.05, lo que indica que los datos de conductividad eléctrica se distribuyen normalmente en esta comunidad. Por el contrario, en Luricocha ($p = 0.024$) y Simpay Huasi ($p = 0.037$), los valores de significancia son inferiores a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad, concluyendo que en estas dos comunidades los datos no siguen una distribución normal. En consecuencia, se recomienda el uso de pruebas estadísticas no paramétricas para el análisis de la conductividad eléctrica del suelo en este estudio, especialmente en las comparaciones entre comunidades.

Tabla 22

Prueba de normalidad

	Comunidad	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Conductividad eléctrica	Chamana	,951	13	,617
	Luricocha	,835	12	,024
	Simpay Huasi	,760	5	,037

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 23

Prueba de Kruskal-Wallis

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	3,974	2	,137

En la tabla 23 se presentan los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada a la variable conductividad eléctrica del suelo,

con el objetivo de identificar posibles diferencias estadísticas entre las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. El valor del estadístico H fue de 3.974, con 2 grados de libertad, y un valor de significancia (p) de 0.137. Dado que el valor de p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de conductividad eléctrica entre las comunidades evaluadas. Este resultado sugiere que, pese a las variaciones observadas en los valores individuales, la conductividad eléctrica del suelo presenta un comportamiento relativamente homogéneo entre los sectores estudiados. Por tanto, desde el punto de vista estadístico, no se evidencia una sectorización marcada de esta variable en relación con la ubicación geográfica de las parcelas agrícolas con cultivo de palta en Luricocha-Huanta.

4.1.1.5.3. *Materia organica.*

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias de la materia orgánica del suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias de la materia orgánica del suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

En la Tabla 24 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos de materia orgánica del suelo en las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. Se observa que las comunidades de Chamana ($p = 0.125$) y Luricocha ($p =$

0.896) presentan valores de significancia mayores a 0.05, lo que indica que los datos de materia orgánica en estas zonas siguen una distribución normal. En contraste, la comunidad de Simpay Huasi muestra un valor de $p = 0.020$, inferior al umbral de significancia, por lo que se rechaza la hipótesis de normalidad en esta comunidad. Estos resultados sugieren que para el análisis comparativo de la materia orgánica entre comunidades, se deben emplear pruebas estadísticas no paramétricas, ya que al menos uno de los grupos no cumple con el supuesto de normalidad. Esta decisión metodológica permite asegurar la validez de los resultados en contextos donde la distribución de los datos no es simétrica o presenta sesgos.

Tabla 24

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Materia orgánica	Chamana	,898	13	,125
	Luricocha	,969	12	,896
	Simpay Huasi	,733	5	,020

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 25

Prueba de Kruskal-Wallis

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	2,043	2	,360

La Tabla 25 muestra los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada a la variable materia orgánica del suelo, con el fin

de determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. El valor del estadístico H fue de 2.043, con 2 grados de libertad, y un valor de significancia (p) de 0.360. Dado que el valor de p es mayor que 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de materia orgánica del suelo entre las tres comunidades evaluadas. Este resultado sugiere que, desde un punto de vista estadístico, los suelos agrícolas presentan una distribución relativamente homogénea de materia orgánica, independientemente de la ubicación geográfica o sectorización comunal. No obstante, es recomendable complementar esta interpretación con un análisis descriptivo y agronómico, a fin de evaluar si las diferencias observadas, aunque no significativas, podrían tener impacto práctico en el manejo del cultivo de palta.

4.1.1.5.4. Nitrógeno.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del nitrógeno en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del nitrógeno en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

La tabla 26 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los valores de nitrógeno del suelo en las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi, con el propósito de

evaluar si los datos presentan una distribución normal en cada grupo. En las comunidades de Chamana ($p = 0.155$) y Luricocha ($p = 0.910$), los valores de significancia son mayores a 0.05, lo cual indica que los datos en estas localidades siguen una distribución normal. En contraste, en la comunidad de Simpay Huasi se obtuvo un valor de $p = 0.023$, inferior al umbral crítico de 0.05, lo que lleva a rechazar la hipótesis de normalidad para esta comunidad. En consecuencia, dado que al menos uno de los grupos evaluados no presenta distribución normal, se justifica el uso de pruebas estadísticas no paramétricas para el análisis comparativo del contenido de nitrógeno entre las comunidades. Esta decisión metodológica garantiza la validez de los resultados, minimizando los errores asociados a la aplicación de pruebas paramétricas en condiciones de no normalidad.

Tabla 26

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
	Comunidad	Estadístico	gl	Sig.
Nitrogeno	Chamana	,905	13	,155
	Luricocha	,970	12	,910
	Simpay Huasi	,737	5	,023

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 27

Prueba de Kruskal-Wallis

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	2,073	2	,355

En la tabla 27 se muestran los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, aplicada a los datos de nitrógeno del suelo con el objetivo de evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. El valor del estadístico H fue de 2.073, con 2 grados de libertad, y un valor de significancia (p) de 0.355. Dado que el valor de p es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de nitrógeno del suelo entre las tres comunidades evaluadas. Este resultado sugiere que, a pesar de las diferencias numéricas que puedan observarse en los valores individuales, el comportamiento del nitrógeno es estadísticamente homogéneo en las zonas agrícolas con cultivo de palta en Luricocha-Huanta. Desde el punto de vista edafológico, esto podría estar relacionado con prácticas agrícolas similares, condiciones ambientales compartidas o características comunes del manejo del cultivo en las tres comunidades.

4.1.1.5.5. Fosforo disponible.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del fosforo disponible en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del fosforo disponible en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Según la tabla 28 de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a la variable fósforo disponible en los suelos agrícolas con cultivo

de palta (*Persea americana*), se observó que en las comunidades de Chamana ($p = 0.002$) y Luricocha ($p = 0.002$) los datos no presentan una distribución normal, mientras que en Simpay Huasi ($p = 0.641$) sí se mantiene la normalidad. Estos resultados indican una heterogeneidad en la distribución del fósforo entre las comunidades evaluadas, lo que sugiere diferencias en las características edáficas de cada sector. Además, debido a la no normalidad en la mayoría de los casos, se recomienda el uso de pruebas estadísticas no paramétricas para el análisis comparativo de esta variable.

Tabla 28

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Fosforo disponible	Chamana	,755	13	,002
	Luricocha	,738	12	,002
	Simpay Huasi	,936	5	,641

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 29

Prueba de Kruskal-Wallis

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	3,570	2	,168

De acuerdo a la tabla 29 donde los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis aplicada a la variable fósforo disponible entre las tres comunidades evaluadas (Chamana, Luricocha y Simpay Huasi), se obtuvo un valor estadístico de $H = 3.570$ con 2 grados de libertad

y un nivel de significancia de $p = 0.168$. Al ser este valor mayor al umbral de 0.05, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de fósforo disponible entre las comunidades analizadas, lo que sugiere una relativa homogeneidad en esta variable a pesar de la distribución no normal observada previamente en algunas de ellas.

4.1.1.5.6. *Potasio disponible.*

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del potasio disponible en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del potasio disponible en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 30

Prueba de normalidad

	Comunidad	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Potasio disponible	Chamana	,964	13	,821
	Luricocha	,927	12	,352
	Simpay Huasi	,893	5	,371

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la Tabla 30 donde muestra los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a la variable potasio disponible, se observa que en las tres comunidades evaluadas Chamana ($p = 0.821$),

Luricocha ($p = 0.352$) y Simpay Huasi ($p = 0.371$) los valores de significancia son mayores al umbral de 0.05. Esto indica que los datos no difieren significativamente de una distribución normal en ninguna de las comunidades, cumpliéndose el supuesto de normalidad para esta variable. Por tanto, se puede considerar el uso de pruebas estadísticas paramétricas en los análisis comparativos del potasio disponible entre comunidades, siempre y cuando también se cumplan otros supuestos como la homogeneidad de varianzas.

b. Supuesto de homogeneidad de Varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

Tabla 31

Prueba de Levene

		<i>Estadístico de Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>Sig.</i>
Potasio disponible	Se basa en la media	5,687	2	27	,009
	Se basa en la mediana	4,330	2	27	,023
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	4,330	2	6,626	,063
	Se basa en la media recortada	5,345	2	27	,011

La prueba de Levene (tabla 31) aplicada a la variable potasio disponible muestra que, al basarse en la media ($p = 0.009$), en la mediana ($p = 0.023$) y en la media recortada ($p = 0.011$), los valores de significancia son menores a 0.05, indicando que se viola el supuesto de homogeneidad de varianzas entre las comunidades evaluadas. Sin embargo, cuando se ajustan los grados de libertad y se basa en la mediana ($p = 0.063$), el resultado no es significativo, aunque se encuentra cercano al umbral crítico. En conjunto, estos resultados sugieren una posible heterogeneidad en la dispersión del potasio disponible entre las comunidades, lo cual debe ser considerado al elegir la prueba estadística para la comparación de medias, optando preferentemente por pruebas no paramétricas o versiones robustas de pruebas paramétricas que no asumen igualdad de varianzas.

Tabla 32*Pruebas robustas de igualdad de medias*

	Estadístico^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	,930	2	9,287	,429

a. F distribuida de forma asintótica

la Tabla 32 muestra el ANOVA de Welch, que se aplicó debido al incumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas, se obtuvo un estadístico F de 0.930 con 2 y 9.287 grados de libertad, y un valor de significancia de $p = 0.429$. Este resultado indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de potasio disponible entre las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi, por lo que se concluye que, a pesar de las diferencias individuales en la varianza, los suelos presentan una distribución relativamente uniforme de potasio disponible en relación con el cultivo de palta.

4.1.1.5.7. Arena.**a. Supuesto de Normalidad****Hipótesis nula (H_0):**

Las medias de la arena en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias de la arena en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Según la tabla 33 de los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a la variable arena, se observa que en las tres comunidades evaluadas: Chamana ($p = 0.057$), Luricocha ($p = 0.628$) y

Simpay Huasi ($p = 0.318$), los valores de significancia son superiores al umbral de 0.05. Esto indica que los datos del porcentaje de arena presentan una distribución normal en todas las comunidades, cumpliéndose así el supuesto de normalidad necesario para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas en los análisis comparativos de esta variable.

Tabla 33

Prueba de normalidad

Comunidad		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Arena	Chamana	,873	13	,057
	Luricocha	,949	12	,628
	Simpay Huasi	,882	5	,318

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

c. Supuesto de homogeneidad de varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

Tabla 34

Prueba de Levene

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Arena	Se basa en la media	2,287	2	27	,121
	Se basa en la mediana	1,432	2	27	,256
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,432	2	23,336	,259
	Se basa en la media recortada	2,291	2	27	,120

En la tabla 34 se presenta la prueba de Levene aplicada a la variable "arena" evidenció valores de significancia ($p > 0,05$) en todos los métodos evaluados, indicando homogeneidad de varianzas entre los sectores agrícolas de Luricocha, Huanta. Esto sugiere una distribución uniforme del contenido de arena en los suelos destinados al cultivo de palta de exportación, lo que valida la aplicación del ANOVA de un factor para comparar los promedios entre sectores.

d. Analisis de varianza

Tabla 35

Analisis de varianza - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	30,427	2	15,213	,310	,736
Dentro de grupos	1325,040	27	49,076		
Total	1355,467	29			

Si $p < 0,05$, hay diferencias significativas entre grupos

Con base en los resultados presentados en la Tabla 35, correspondientes al análisis de varianza (ANOVA) aplicado al contenido de arena en los suelos agrícolas sectorizados de Luricocha-Huanta, se observa que el valor de significancia (Sig.= 0,736) es considerablemente mayor al umbral crítico de 0,05. Este resultado indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en los promedios de arena entre los sectores evaluados. El valor del estadístico F ($F = 0,310$) también respalda esta conclusión, al reflejar una baja variabilidad explicada por la clasificación sectorial frente a la variabilidad interna de los grupos. En conjunto, estos hallazgos sugieren que el contenido de arena en los suelos con cultivo de palta de exportación es relativamente homogéneo entre los sectores analizados, lo cual podría estar relacionado con condiciones edafoclimáticas similares o prácticas agrícolas uniformes en la zona de estudio.

4.1.1.5.8. Limo.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias de limo en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias de limo en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 36*Prueba de normalidad*

		Shapiro-Wilk		
	Comunidad	Estadístico	gl	Sig.
Limo	Chamana	,967	13	,850
	Luricocha	,952	12	,663
	Simpay Huasi	,949	5	,727

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (ver Tabla 36), los datos correspondientes a las comunidades de Chamana ($W = 0,967$; $p = 0,850$), Luricocha ($W = 0,952$; $p = 0,663$) y Simpay Huasi ($W = 0,949$; $p = 0,727$) presentan valores de significancia mayores a 0,05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, se concluye que los datos en las tres comunidades siguen una distribución normal, lo cual permite la aplicación de pruebas paramétricas en los análisis posteriores.

b. Supuesto de homogeneidad de varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

Tabla 37*Prueba de Levene*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Limo	Se basa en la media	1,011	2	27	,377
	Se basa en la mediana	,698	2	27	,506
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,698	2	14,172	,514
	Se basa en la media recortada	,972	2	27	,391

En la Tabla 37 se presentan los resultados de la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas del contenido de limo entre las

comunidades evaluadas. Se aplicaron distintas variantes del estadístico (basado en la media, la mediana, la mediana con grados de libertad ajustados y la media recortada), obteniéndose valores de significancia de 0,377; 0,506; 0,514 y 0,391, respectivamente. En todos los casos, los valores de significancia son superiores al umbral de 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas. En consecuencia, se concluye que las varianzas del contenido de arena son homogéneas entre las comunidades, lo cual valida el cumplimiento de este supuesto para la aplicación de pruebas paramétricas posteriores.

c. Análisis de varianza

Tabla 38

Analisis de varianza - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	134,492	2	67,246	1,241	,305
Dentro de grupos	1462,974	27	54,184		
Total	1597,467	29			

Si $p < 0,05$, hay diferencias significativas entre grupos

En la tabla 38 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado para determinar si existen diferencias significativas en la variable evaluada entre las comunidades. El estadístico F obtenido fue de 1,241, con un valor de significancia (p) de 0,305. Dado que el valor de p es superior al nivel crítico de 0,05, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, es decir, la variable analizada no varía de forma significativa entre las comunidades.

4.1.1.5.9. Arcilla.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias de arcilla en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias de arcilla en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 39

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
Comunidad		Estadístico	gl	Sig.
Arcilla	Chamana	,850	13	,028
	Luricocha	,898	12	,151
	Simpay Huasi	,939	5	,656

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la Tabla 39 se muestran los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos de contenido de arcilla en las tres comunidades. En la comunidad de Chamana, el valor del estadístico fue 0,850 con una significancia de 0,028, lo que indica una desviación significativa de la normalidad ($p < 0,05$). Por el contrario, en Luricocha ($W = 0,898$; $p = 0,151$) y Simpay Huasi ($W = 0,939$; $p = 0,656$), los valores de significancia fueron mayores a 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, asumiéndose normalidad en los datos. En consecuencia, se concluye que los datos del contenido de arcilla no presentan una distribución normal en Chamana, pero sí lo hacen en Luricocha y Simpay Huasi.

b. Supuesto de homogeneidad de varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

La Tabla 40 presenta los resultados de la prueba de Levene aplicada para evaluar la homogeneidad de varianzas en el contenido de limo entre las comunidades. Se utilizaron diferentes enfoques del estadístico (basado en la

media, la mediana, la mediana con grados de libertad ajustados y la media recortada), obteniéndose valores de significancia de 0,884; 0,958; 0,958 y 0,872, respectivamente. En todos los casos, los valores de p son mayores al nivel de significancia de 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas. En consecuencia, se concluye que las varianzas del contenido de limo son homogéneas entre las comunidades, cumpliéndose este supuesto para la aplicación de pruebas paramétricas, en caso de ser pertinente.

Tabla 40

Prueba de Levene

		<i>Estadístico de Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>Sig.</i>
Limo	Se basa en la media	,124	2	27	,884
	Se basa en la mediana	,043	2	27	,958
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,043	2	24,920	,958
	Se basa en la media recortada	,138	2	27	,872

c. Análisis de varianza

Tabla 41

Análisis de varianza - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	46,724	2	23,362	1,093	,350
Dentro de grupos	577,142	27	21,376		
Total	623,867	29			

Si $p < 0,05$, hay diferencias significativas entre grupos

En la Tabla 41 se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para determinar si existen diferencias significativas en el contenido de limo entre las comunidades. El estadístico F obtenido fue de 1,093 con un valor de significancia (p) de 0,350. Dado que el valor de p es mayor al umbral de 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que no existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de limo entre las comunidades evaluadas.

4.1.1.5.10. Calcio intercambiable

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del calcio intercambiable en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del calcio intercambiable en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 42

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Calcio intercambiable	Chamana	,861	13	,039
	Luricocha	,959	12	,769
	Simpay Huasi	,903	5	,429

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 42 se presentan la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al calcio intercambiable mostró que los datos de Chamana no siguen una distribución normal ($p = 0,039$), mientras que en Luricocha ($p = 0,769$) y Simpay Huasi ($p = 0,429$) sí se cumple el supuesto de normalidad. Sin embargo, el bajo tamaño muestral en Simpay Huasi ($n = 5$) reduce la confiabilidad del resultado. Dado que al menos una comunidad no presenta distribución normal, se recomienda emplear pruebas no paramétricas para el análisis comparativo entre comunidades.

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 43

Prueba de Kruskal-Wallis

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	,754	2	,686

En la Tabla 43 se muestran los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada para comparar los valores de calcio intercambiable en el suelo entre las tres comunidades evaluadas. El estadístico H fue 0,754 con 2 grados de libertad, y el valor de significancia asociado fue $p = 0,686$. Dado que este valor es mayor al umbral convencional de 0,05, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las comunidades, por lo que se acepta la hipótesis nula de igualdad de medianas. En consecuencia, se concluye que los valores de calcio intercambiable en el suelo no difieren de manera significativa entre las comunidades analizadas.

4.1.1.5.11. *Magnesio intercambiable.*

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del magnesio intercambiable en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del magnesio intercambiable en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 44*Prueba de normalidad*

Comunidad		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Magnesio intercambiable	Chamana	,894	13	,110
	Luricocha	,945	12	,566
	Simpay Huasi	,828	5	,133

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la Tabla 44 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los valores de magnesio intercambiable en las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. En todos los casos, los valores de significancia son mayores al umbral de 0,05, específicamente $p = 0,110$ en Chamana, $p = 0,566$ en Luricocha y $p = 0,133$ en Simpay Huasi, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Por tanto, se concluye que los datos del magnesio intercambiable se distribuyen normalmente en las tres comunidades evaluadas. No obstante, se debe considerar que el tamaño muestral en Simpay Huasi ($n = 5$) es reducido, lo cual puede limitar la potencia estadística de la prueba. En general, los resultados permiten el uso de pruebas estadísticas paramétricas para el análisis de esta variable.

b. Supuesto de homogeneidad de varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

La tabla 45 muestra la prueba de Levene aplicada al magnesio intercambiable mostró diferencias estadísticamente significativas en las varianzas entre los sectores agrícolas de Luricocha–Huanta ($p < 0,05$ en tres de cuatro métodos), evidenciando heterogeneidad en su distribución. Esta

variabilidad sugiere la necesidad de un manejo agronómico diferenciado por sector, dado el rol esencial del magnesio en la fisiología del cultivo de palta y su impacto potencial en la calidad y productividad del fruto destinado a exportación.

Tabla 45

Prueba de Levene para magnesio intercambiable en el suelo

		<i>Estadístico de Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>Sig.</i>
Magnesio intercambiable	Se basa en la media	18,134	2	27	,000
	Se basa en la mediana	4,263	2	27	,025
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	4,263	2	6,173	,069
	Se basa en la media recortada	16,422	2	27	,000

c. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia ($Sig.$) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 46

Prueba de Kruskal-Wallis

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	9,022	2	,011

La tabla 46 de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada al magnesio intercambiable arrojó un valor de $H = 9,022$ con un nivel de significancia de $p = 0,011$, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en las medianas del magnesio entre los sectores agrícolas evaluados en Luricocha–Huanta. Este resultado complementa lo evidenciado en la prueba de Levene, confirmando que la distribución de este nutriente no es homogénea en el área de estudio. Esta variabilidad justifica la necesidad de una sectorización edáfica diferenciada, ya que el magnesio cumple un rol fundamental en la nutrición y desarrollo del cultivo de palta. Se recomienda realizar una prueba de comparaciones múltiples (Dunn-

Bonferroni) para identificar con precisión entre qué sectores se presentan las diferencias significativas.

Tabla 47

Prueba de Dunn-Bonferroni

Comparaciones	Z	Sig.
Chamana vs. Cercado	-2.22	±2.39
Chamana vs. Simpay	-2.36	±2.39
Cercado vs. Simpay	-0.66	±2.39

La tabla 47 muestra la aplicación de la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni donde no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los sectores evaluados, al nivel de significancia ajustado ($\alpha = 0.05/3$). No obstante, se evidenció una tendencia marcada a la diferencia entre Chamana y Simpay Huasi ($Z = -2.36$), lo cual podría tener implicancias agronómicas en cuanto al manejo del cultivo de palta, especialmente si se consideran otros factores como pendiente, textura o disponibilidad hídrica. Se recomienda ampliar la muestra o aplicar estudios multivariados para profundizar en la caracterización diferenciada de estos sectores.

4.1.1.5.12. Potasio intercambiable.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del potasio intercambiable en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del potasio intercambiable en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula

- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 48*Prueba de normalidad*

Comunidad		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Potasio intercambiable	Chamana	,958	13	,728
	Luricocha	,913	12	,232
	Simpay Huasi	,788	5	,064

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 48 de la prueba de Shapiro-Wilk aplicada al potasio intercambiable en los suelos agrícolas de las tres comunidades indica que los datos presentan un comportamiento normal, lo que permite el uso de técnicas paramétricas para el análisis comparativo y correlacional posterior. No obstante, se recomienda precaución en la interpretación de los datos de Simpay Huasi, debido al reducido tamaño muestral.

b. Supuesto de homogeneidad de varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

Tabla 49*Prueba de Levene para potasio intercambiable en el suelo*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Potasio intercambiable	Se basa en la media	6,347	2	27	,006
	Se basa en la mediana	2,156	2	27	,135
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,156	2	5,513	,203
	Se basa en la media recortada	5,160	2	27	,013

La tabla 49 de la prueba de Levene indica que existen diferencias significativas en la varianza del potasio intercambiable entre los sectores agrícolas evaluados, lo que justifica un enfoque de manejo diferenciado del suelo y la fertilización para optimizar la producción de palta de exportación. Esta heterogeneidad es un insumo clave para la sectorización agrícola basada en propiedades edáficas reales.

Tabla 50*Pruebas robustas de igualdad de medias*

	Estadístico^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	1,950	2	9,241	,197

a. F distribuida de forma asintótica

Se aplicó la prueba robusta de Welch (tabla 50) para evaluar la igualdad de medias en el potasio intercambiable entre los distintos sectores agrícolas definidos de las comunidades. El resultado ($F = 1,950$; $gl1 = 2$; $gl2 = 9,241$; $p = 0,197$) indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sectores ($p > 0,05$). Esto sugiere una relativa homogeneidad en esta variable entre los sectores analizados, lo cual puede tener implicancias en la planificación agronómica del cultivo de palta, en cuanto a manejo uniforme o criterios de zonificación.

4.1.1.5.13. Sodio intercambiable.**a. Supuesto de Normalidad****Hipótesis nula (H_0):**

Las medias del sodio intercambiable en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del sodio intercambiable en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (tabla 51) a la variable sodio intercambiable en las comunidades evaluadas. Los resultados indican que los datos en Luricocha ($p = 0,385$) y Simpay Huasi ($p = 0,708$) presentan una distribución normal ($p > 0,05$). Sin embargo, en la comunidad

de Chamana se observó una desviación significativa de la normalidad ($p = 0,022$), lo que sugiere que los datos no siguen una distribución normal. Por tanto, se optó por utilizar pruebas no paramétricas para comparar esta variable entre comunidades. Este hallazgo puede estar relacionado con condiciones edáficas particulares de Chamana que afectan la distribución del sodio en el suelo.

Tabla 51

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Sodio intercambiable	Chamana	,841	13	,022
	Luricocha	,930	12	,385
	Simpay Huasi	,946	5	,708

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 52

Prueba de Kruskal-Wallis

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	5,697	2	,058

Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (tabla 52) para determinar si existían diferencias significativas en la variable sodio intercambiable entre las tres comunidades agrícolas evaluadas. El resultado ($H = 5,697$; $gl = 2$; $p = 0,058$) indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, el valor cercano al umbral sugiere una posible tendencia a la diferencia, lo cual podría explorarse más a fondo mediante estudios con mayor tamaño muestral o análisis complementarios.

Esta información es relevante para la caracterización y manejo diferenciado de los suelos destinados al cultivo de palta en la zona.

4.1.1.5.14. *Capacidad de intercambio cationico CIC.*

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias de la capacidad de intercambio cationico en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias de la capacidad de intercambio cationico en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 53

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de intercambio cationico	Chamana	,960	13	,756
	Luricocha	,924	12	,320
	Simpay Huasi	,810	5	,098

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (tabla 53) a los datos de la variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) en las tres comunidades estudiadas. Los resultados indican que los datos en Chamana ($p = 0,756$), Luricocha ($p = 0,320$) y Simpay Huasi ($p = 0,098$) no presentan evidencias significativas de desviación respecto a la normalidad ($p > 0,05$), por lo que se acepta el supuesto de distribución normal en cada caso. Estos resultados permiten el uso de técnicas paramétricas para la comparación

entre comunidades, aunque se sugiere precaución en el caso de Simpay Huasi, debido a su pequeño tamaño muestral ($n = 5$).

b. Supuesto de homogeneidad de varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

Tabla 54

Prueba de Levene para la capacidad de intercambio cationico en el suelo

		<i>Estadístico de Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>Sig.</i>
Capacidad de intercambio cationico	Se basa en la media	5,481	2	27	,010
	Se basa en la mediana	2,402	2	27	,110
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,402	2	6,594	,165
	Se basa en la media recortada	4,433	2	27	,022

Se aplicó la prueba de Levene (tabla 54) para evaluar la homogeneidad de varianzas de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre las comunidades agrícolas de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. La prueba basada en la media, adecuada para datos normalmente distribuidos, arrojó un resultado estadísticamente significativo ($F = 5,481$; $gl = 2$; $p = 0,010$), indicando que las varianzas no son iguales entre los grupos. Esta heterogeneidad sugiere la presencia de diferencias estructurales en el suelo entre comunidades, lo que tiene implicancias importantes para la zonificación y el manejo agronómico del cultivo de palta. En consecuencia, se optó por emplear pruebas estadísticas robustas o no paramétricas para comparar esta variable entre comunidades.

Tabla 55

Pruebas robustas de igualdad de medias para la capacidad de intercambio cationico en el suelo

	Estadístico^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	1,718	2	9,193	,232

a. F distribuida de forma asintótica

Se aplicó la prueba robusta de Welch (tabla 55) para evaluar si existían diferencias significativas en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo entre las tres comunidades agrícolas estudiadas. El resultado

(Welch F = 1,718; gl1 = 2; gl2 = 9,193; p = 0,232) indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p > 0,05$). Este resultado sugiere que, a pesar de que la prueba de Levene mostró una variación significativa en las varianzas (Tabla 35), las medias de CIC son comparables entre las comunidades, lo que refleja una relativa homogeneidad en la capacidad del suelo para retener nutrientes esenciales para el cultivo de palta.

4.1.1.5.15. Fierro.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del fierro en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del fierro en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 56

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Fierro	Chamana	,857	13	,035
	Luricocha	,941	12	,508
	Simpay Huasi	,927	5	,579

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos edáficos por comunidad permitió determinar la distribución estadística de las variables analizadas. En la comunidad de Chamana se obtuvo un valor

de significancia de 0.035, inferior al umbral de 0.05, lo que indica que los datos no se distribuyen normalmente y, por tanto, se recomienda el uso de pruebas no paramétricas en los análisis estadísticos posteriores. En contraste, en las comunidades de Luricocha y Simpay Huasi se observaron valores de significancia de 0.508 y 0.579, respectivamente, superiores al nivel crítico, lo que sugiere una distribución normal de los datos y permite el uso de pruebas paramétricas. No obstante, en Simpay Huasi el tamaño de muestra fue reducido ($n = 5$), lo que limita la confiabilidad de este resultado. En conjunto, estos hallazgos reflejan una heterogeneidad en la distribución de los datos entre comunidades, posiblemente asociada a diferencias en las condiciones edáficas, manejo agrícola o factores ambientales, lo cual debe ser considerado en la interpretación de los resultados del presente estudio (ver tabla 56).

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 57

Prueba de Kruskal-Wallis para las medias de hierro en el suelo en las tres comunidades

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	1,197	2	,550

La prueba de Kruskal-Wallis se aplicó para determinar si existían diferencias significativas en el contenido de hierro en los suelos agrícolas de las comunidades de hierro Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. El análisis arrojó un valor de $H = 1.197$ con 2 grados de libertad y un valor de significancia de $p = 0.550$, superior al umbral de 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de hierro entre las tres

comunidades (ver Tabla 57). Desde el punto de vista edafológico, este resultado sugiere una cierta homogeneidad en los niveles de hierro en el suelo, posiblemente relacionada con factores comunes como el material parental, manejo agrícola o condiciones agroecológicas similares. No obstante, se recomienda complementar este análisis con la evaluación de la disponibilidad efectiva del micronutriente y su interacción con otros parámetros del suelo.

4.1.1.5.16. Cobre.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del cobre en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del cobre en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 58

Prueba de normalidad

		Shapiro-Wilk		
Comunidad		Estadístico	gl	Sig.
Cobre	Chamana	,938	13	,436
	Luricocha	,947	12	,594
	Simpay Huasi	,623	5	,001

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk fue aplicada para evaluar la distribución del contenido de cobre en los suelos de las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. Los resultados mostraron valores de

significancia de 0.436 y 0.594 en Chamana y Luricocha, respectivamente, ambos superiores al nivel crítico de $\alpha = 0.05$, lo que indica que los datos presentan una distribución normal. Sin embargo, en la comunidad de Simpay Huasi se obtuvo un valor de $p = 0.001$, lo que implica una desviación significativa de la normalidad, posiblemente relacionada con un alto grado de dispersión, valores extremos o la limitada cantidad de datos ($n = 5$). En consecuencia, se concluye que el comportamiento del cobre en los suelos no es homogéneo entre comunidades, lo que sugiere la necesidad de emplear pruebas estadísticas no paramétricas para el análisis de esta variable (ver Tabla 58).

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

Tabla 59

Prueba de Kruskal-Wallis para las medias del cobre en el suelo en las tres comunidades

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	1,652	2	,438

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las concentraciones de cobre en los suelos agrícolas de las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. El resultado del análisis arrojó un estadístico $H = 1.652$ con 2 grados de libertad y un valor de significancia de $p = 0.438$, superior al nivel crítico de 0.05. Por tanto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de cobre entre las tres comunidades (ver tabla 59). Este resultado sugiere una relativa homogeneidad en la presencia de este micronutriente en los suelos agrícolas, posiblemente asociada a condiciones edáficas similares, manejo

agronómico compartido o influencia común de factores ambientales. No obstante, debido a la distribución no normal observada en la comunidad de Simpay Huasi y al bajo tamaño muestral, se recomienda interpretar estos resultados con prudencia y considerar una ampliación de la muestra en futuros estudios.

4.1.1.5.17. Zinc.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del zinc en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del zinc en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 60

Prueba de normalidad

Comunidad		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Zinc	Chamana	,994	13	1,000
	Luricocha	,963	12	,827
	Simpay Huasi	,813	5	,103

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de Shapiro-Wilk fue aplicada para evaluar la normalidad en la distribución del contenido de zinc en los suelos agrícolas de las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. Los resultados mostraron valores de significancia de 1.000, 0.827 y 0.103, respectivamente, todos superiores al nivel crítico de $\alpha = 0.05$, por lo que no

se rechaza la hipótesis nula en ninguno de los casos (ver Tabla 60). En consecuencia, se concluye que los datos del contenido de zinc presentan una distribución normal en las tres comunidades, lo que permite el uso de pruebas estadísticas paramétricas en su análisis. Sin embargo, en la comunidad de Simpay Huasi, debido al tamaño muestral reducido ($n = 5$), se recomienda interpretar los resultados con precaución y, de ser posible, ampliar la muestra en investigaciones futuras.

b. Supuesto de homogeneidad de varianzas

Se genera la Prueba de Levene:

- Si $p > 0.05$, las varianzas son iguales
- Si $p < 0.05$, se viola este supuesto

Tabla 61

Prueba de Levene para el zinc en el suelo

		<i>Estadístico de Levene</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>Sig.</i>
Zinc	Se basa en la media	1,625	2	27	,216
	Se basa en la mediana	,637	2	27	,537
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,637	2	12,432	,545
	Se basa en la media recortada	1,504	2	27	,240

En la Tabla 61 se presentan los resultados de la prueba de Levene aplicada al contenido de zinc en el suelo, con el objetivo de evaluar la homogeneidad de varianzas entre los sectores agrícolas evaluados en el distrito de Luricocha. Según los resultados obtenidos, los valores de significancia para las distintas versiones de la prueba (basada en la media, mediana, mediana con grados de libertad ajustados y media recortada) fueron mayores a 0,05 ($p = 0,216$; $p = 0,537$; $p = 0,545$ y $p = 0,240$, respectivamente), lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en las varianzas del zinc entre los sectores analizados. Por tanto, se asume la homogeneidad de varianzas, cumpliéndose uno de los supuestos necesarios para la aplicación de pruebas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA), lo que permite continuar con el análisis comparativo de este micronutriente en los suelos destinados al cultivo de palta (*Persea americana*) para exportación.

c. Análisis de varianza

Tabla 62

Analisis de varianza - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17,006	2	8,503	,923	,410
Dentro de grupos	248,784	27	9,214		
Total	265,790	29			

Si $p < 0,05$, hay diferencias significativas entre grupos

La Tabla 62 muestra el análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar las diferencias en el contenido de zinc en el suelo entre los sectores agrícolas de Luricocha mostró que no existen diferencias significativas ($F(2, 27) = 0.923$, $p = 0.410$). La variabilidad entre grupos (Suma de cuadrados = 17.006, $gl = 2$) fue menor en comparación con la variabilidad dentro de los grupos (Suma de cuadrados = 248.784, $gl = 27$), lo que indica que el contenido promedio de zinc es estadísticamente homogéneo entre las zonas analizadas. Estos resultados, junto con la homogeneidad de varianzas previamente confirmada mediante la prueba de Levene, permiten concluir que la distribución del zinc en los suelos destinados al cultivo de palta (*Persea americana*) para exportación en Luricocha-Huanta es estable y uniforme entre los sectores evaluados.

4.1.1.5.18. Magnesio.

a. Supuesto de Normalidad

Hipótesis nula (H_0):

Las medias del magnesio en el suelo en las tres comunidades siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1):

Las medias del magnesio en el suelo en las tres comunidades no siguen una distribución normal.

Decisión:

- Si $p > \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis nula
- Si $p < \alpha = 0,05$ se acepta la hipótesis alterna

Tabla 63*Prueba de normalidad*

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Magnesio	Chamana	,966	13	,845
	Luricocha	,854	12	,042
	Simpay Huasi	,921	5	,535

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad Shapiro-Wilk (tabla 63) aplicada al contenido de magnesio en el suelo mostró que los datos en las comunidades de Chamana ($W = 0,966$, $p = 0,845$) y Simpay Huasi ($W = 0,921$, $p = 0,535$) siguen una distribución normal, mientras que en Luricocha ($W = 0,854$, $p = 0,042$) se rechazó la hipótesis de normalidad, indicando que los datos no se distribuyen normalmente. Estos resultados sugieren que, para el análisis estadístico del magnesio en suelos agrícolas de la zona, se pueden aplicar métodos paramétricos en Chamana y Simpay Huasi, mientras que en Luricocha sería recomendable utilizar técnicas no paramétricas o realizar transformaciones de datos para cumplir con los supuestos estadísticos.

b. Prueba de Kruskal-Wallis

- Hipótesis nula (H_0): Las medianas de los grupos son iguales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Al menos un grupo difiere.

Decisión:

Si el valor de significancia (Sig.) < 0.05 , rechazas $H_0 \rightarrow$ hay diferencias significativas entre las comunidades.

En la tabla 64 se muestra la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis fue aplicada para comparar los niveles de magnesio en el suelo entre las tres comunidades agrícolas de Luricocha-Huanta, debido a que en una de ellas

(Luricocha) no se cumplió con el supuesto de normalidad. Los resultados mostraron un estadístico $H = 4,704$ con 2 grados de libertad y un valor de significancia de 0,095 ($p > 0,05$), por lo que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de magnesio en las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi. Este resultado indica una distribución relativamente homogénea del magnesio en el suelo entre las zonas evaluadas, lo cual tiene implicancias importantes para una gestión uniforme de la fertilización y nutrición del cultivo de palta (*Persea americana*) destinado a la exportación.

Tabla 64

Prueba de Kruskal-Wallis para las medias del magnesio en el suelo en las tres comunidades

Test	Statistic	gl	Sig.
H de Kruskal -Wallis	4,704	2	,095

4.2. Discusión

La investigación tuvo como objetivo general, Sectorizar, empleando técnicas de teledetección e identificar las las características físico-químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en el distrito de Luricocha con fines de exportación. Los resultados obtenidos en la caracterización físico-química de los suelos de Luricocha evidencian que la mayoría de parámetros se encuentran dentro de los rangos óptimos para el cultivo de palta (*Persea americana*), aunque existen ciertas limitaciones que requieren un manejo agronómico específico.

En primer lugar, el pH del suelo presentó valores ligeramente alcalinos (7,1–7,9), los cuales supe an el rango recomendado de 5,5 a 7,0. El pH constituye una de las características más importantes del suelo, ya que determina su grado de acidez, neutralidad o alcalinidad. Al respecto, los suelos ácidos suelen encontrarse con mayor frecuencia en zonas de alta precipitación, debido al incremento en la concentración de iones hidrógeno (H^+); mientras que los suelos alcalinos predominan en áreas áridas y semiáridas como resultado de la elevada saturación de bases (Garrido & Licon, 2017).

De acuerdo con Palomino (2013), los suelos del distrito de Luricocha son de baja fertilidad y presentan un pH entre 5,5 y 7,5. Además, este autor señala que el cultivo de palto se ve limitado en suelos con pH superior a 7,5 por la aparición de clorosis férrica, y en valores menores a 5 por la toxicidad del aluminio, que es fácilmente absorbido por la planta. En este sentido, el rango óptimo para el desarrollo del cultivo se ubica entre 5,0 y 7,3.

Asimismo, el IDMA (2017) recomienda un pH de 5,6 a 6,5 para la producción de palto. En concordancia, Bedoya & Julca (2025) destacan que la palta se desarrolla mejor en suelos con pH de ligeramente ácido a neutro, en un rango de 5,0 a 7,3. De igual manera, Delpero (2023) sostiene que los suelos más favorables son aquellos con pH ácido comprendido entre 5,0 y 6,0.

Por otra parte, cuando el suelo presenta un pH ligeramente alcalino, este no necesariamente limita el crecimiento inicial de los plántones; no obstante, en muchos casos resulta necesario acidificarlo, considerando que el rango adecuado es de 5,5 a 6,5. Niveles superiores generan problemas de alcalinidad que afectan directamente la disponibilidad de nutrientes esenciales, como el hierro (Fe) (Guillén, 2021). Finalmente, cabe señalar que las características físicas del suelo no constituyen un factor limitante para el desarrollo del cultivo (Andia, 2025).

Los resultados muestran que la textura del suelo es predominantemente franca, lo que refleja un equilibrio adecuado entre arena, limo y arcilla. Según Bermúdez (2013), los suelos más recomendables para el cultivo son aquellos de textura ligera y con buena profundidad; no obstante, también es posible establecerlo en suelos arcillosos o franco-arcillosos, siempre que dispongan de un drenaje adecuado. De manera similar, Sarasty (2022) sostiene que la textura franco-arenosa es la más favorable, aunque en suelos arcillosos resulta indispensable contar con un drenaje eficiente. En este contexto, el exceso de humedad genera condiciones propicias para la aparición de enfermedades radiculares, tanto fisiológicas, como la asfixia de raíces, como fúngicas, entre ellas la fitóftora.

Por su parte, Zabala (2022) señala que el aguacate puede desarrollarse en diferentes tipos de suelo, que van desde arenosos hasta arcillosos, siempre que presenten un drenaje interno adecuado. En la misma línea, Guerrero (2019) afirma

que el cultivo puede establecerse en suelos de textura arcillosa o franco-arcillosa. Asimismo, Andia (2025) considera que las texturas más óptimas para el cultivo corresponden a franco y franco-arcillosa. Finalmente, Palomino (2013) recomienda suelos francos y arenosos como los más adecuados para la palta.

En cuanto a las características químicas, el suelo presenta un pH ligeramente alcalino (7.3), acompañado de una conductividad eléctrica elevada (19.103 mS/m), condición que puede ocasionar riesgos de toxicidad. La capacidad de intercambio catiónico (15.641 ppm), en cambio, se encuentra dentro del rango considerado óptimo para el cultivo.

Respecto al contenido de materia orgánica y macronutrientes, Palomino (2013), menciona que el óptimo de materia orgánica es 3 a 5%. En esta investigación se identificó un nivel alto de materia orgánica (6.32%), lo cual podría generar problemas de exceso de humedad, desequilibrios nutricionales y variaciones en el pH. A pesar de ello, los niveles de nitrógeno (0.319%), fósforo disponible (32.503 mg/kg) y potasio disponible (247.1 mg/kg) se ubican dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la palta.

En relación con los micronutrientes esenciales, se observó un exceso de hierro (103.829 ppm), situación que puede limitar la disponibilidad de otros elementos. No obstante, los niveles de cobre (6.038 ppm) y zinc (9.719 ppm) resultaron adecuados para el cultivo.

Por otro lado, en los cationes intercambiables, tanto el calcio (7.765 cmol(+)/kg) como el magnesio (6.164 cmol(+)/kg) se encontraron en concentraciones elevadas, lo que podría alterar el equilibrio con otros nutrientes y afectar la estructura del suelo. En contraste, el sodio (0.179 cmol(+)/kg) se mantuvo dentro de los niveles recomendados.

En síntesis, los suelos de Luricocha presentan en general condiciones favorables para el cultivo de palta; sin embargo, se requiere un monitoreo constante y una gestión adecuada de ciertos parámetros —como la conductividad eléctrica, la materia orgánica y los niveles de hierro, calcio y magnesio— con el fin de optimizar su calidad y productividad.

Estos resultados difieren de lo reportado por Vera et al. (2022), quienes encontraron en Santo Domingo de los Tsáchilas suelos con bajo contenido de materia orgánica, pH ácido y texturas predominantes franco-arenosa y franco-arcillosa. Asimismo, el estudio de Quispe et al. (2024), sobre el ajuste osmótico y el rendimiento de las variedades de palta Hass y Fuerte identificó suelos con textura franco y franco-arcillosa, pH entre 7.5 y 8.0 —clasificados como medianamente alcalinos— y niveles de conductividad eléctrica dentro de lo normal, sin restricciones para el cultivo. En dicho estudio, la materia orgánica mostró variaciones entre contenidos bajos y altos.

Seguidamente, el trabajo tuvo como primer objetivo específico Representar y sectorizar los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en el distrito de Luricocha, utilizando técnicas de teledetección y herramientas GIS (QGIS), para la elaboración de mapas temáticos que faciliten su análisis. Como resultado, se ha obtenido un mapa temático de sectorización, el cual servirá como una herramienta fundamental para la planificación agrícola, facilitando la identificación de áreas con mejor aptitud para el cultivo y optimizando el uso de los recursos. La elaboración de un mapa temático de sectorización de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en Luricocha-Huanta, utilizando técnicas de teledetección, ha permitido identificar y delimitar áreas con características edafológicas específicas. Este tipo de mapas es fundamental para la planificación agrícola, ya que facilita la toma de decisiones informadas sobre el uso y manejo sostenible del suelo, optimizando la productividad y asegurando la conservación de los recursos naturales.

Según Yuzugullu et al. (2020), El monitoreo de las características del suelo y de los cultivos es un aspecto clave en la agricultura de precisión, ya que parámetros como la humedad, el pH, la textura y la materia orgánica influyen directamente en la productividad. Estas propiedades suelen mostrar una gran variabilidad dentro de un mismo terreno, lo que obliga a aplicar herramientas como los perfiles de suelo o la teledetección. Esta última, a través de mapas de biomasa e índices espectrales como el NDVI, permite identificar diferencias espaciales en la calidad del suelo y el desarrollo de los cultivos, facilitando la delimitación de zonas de manejo específicas. Dichas zonas, entendidas como subunidades relativamente

homogéneas, posibilitan un manejo diferenciado en prácticas como fertilización, riego o labranza, contribuyendo a un uso más eficiente de los recursos y a una mejor sostenibilidad de la producción agrícola.

Castillo-Díaz, T., López-Fulca, R., & Ramírez-Navarro, W. (2021). Menciona que La agricultura inteligente se orienta a reemplazar prácticas tradicionales mediante el uso de TIC, buscando mejorar la productividad y reducir costos. En este marco, los SIG aportan información espacial valiosa para la gestión agrícola, mientras que tecnologías como la teledetección y el GNSS se incorporan de forma creciente en la modernización del sector.

Rojas-Briceño, NB, García, L., Cotrina-Sánchez, A., Goñas, M., Salas López, R., Silva López, JO, & Oliva-Cruz, M. (2022) mencionan que La combinación de teledetección, SIG y evaluación multicriterio (MCE) se ha consolidado como una herramienta eficaz para la agrozonificación y la planificación agrícola sostenible, ya que permite integrar diversos factores que influyen en la aptitud de los suelos. Aunque el método más utilizado es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), basado en la ponderación de criterios según expertos, este enfoque puede presentar sesgos. Para superar esta limitación, se han incorporado técnicas de modelado como MaxEnt, que aportan mayor objetividad al estimar la relevancia de cada variable. Estas metodologías se han aplicado en distintos cultivos y áreas ambientales, aunque aún existen limitaciones en su uso para algunos productos agrícolas específicos.

Según Llacsá Tacuri & Medina Hinostroza (2007), los mapas temáticos ilustran la distribución espacial de los cultivos y las prácticas de conservación in situ realizadas por los agricultores, proporcionando una visión detallada del entorno agrícola en cada región. En este contexto, los resultados obtenidos en el presente estudio son consistentes con los hallazgos previos, ya que el mapa de sectorización de Luricocha-Huanta posibilita una mejor gestión del suelo y contribuye a la sostenibilidad de la producción de palta. No obstante, es importante continuar con estudios complementarios que permitan validar la precisión del mapa mediante muestreo en campo y análisis detallados de los parámetros edáficos.

Siguiendo con los objetivos del estudio, fue evaluar las características físico-químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en el distrito de Luricocha cumplen con las condiciones requeridas para la producción orientada a la exportación. Los resultados indican que, en su mayoría, el suelo de Luricocha presenta condiciones favorables para la producción de palta. Sin embargo, se recomienda un monitoreo constante y una gestión adecuada de ciertos parámetros, como la conductividad eléctrica, que en niveles elevados puede resultar tóxica, y el contenido de materia orgánica, cuyo exceso podría generar desbalances nutricionales.

Estos hallazgos contrastan con el estudio de Palomino, E (2013) en su tesis “Análisis de los sistemas productivos y de comercialización del cultivo de palto (*Persea americana*) en el valle de Luricocha-Distrito de Luricocha- Huanta-Ayacucho” que han encontrado el suelo que son pobres en materia orgánica, con textura franco arcillosa y un pH entre 5.5 y 7.5, lo que requiere una fertilización intensiva con macronutrientes como potasio, nitrógeno, magnesio y calcio.

Al igual que Quispe et al. (2024), sobre el ajuste osmótico y el rendimiento de las variedades de palta Hass y Fuerte identificó suelos con textura franco y franco-arcillosa, pH entre 7.5 y 8.0 —clasificados como medianamente alcalinos— y niveles de conductividad eléctrica dentro de lo normal, sin restricciones para el cultivo,

Por otro lado, Andia (2025) menciona que, la textura franco y franco-arcillosa del suelo resulta favorable para el crecimiento y desarrollo del palto, ya que sus propiedades físicas no representan limitaciones significativas.

Las texturas franco y franco-arcillosas, los nutrientes disponibles y la materia orgánica indican condiciones favorables, siempre que se apliquen prácticas de manejo adecuadas, tales como corrección del pH, fertilización balanceada y riego eficiente. Además, dado que los mercados internacionales exigen niveles muy bajos de contaminantes, se sugiere como línea prioritaria de investigación futura la cuantificación de metales pesados en el suelo (como cadmio, plomo, arsénico), con el fin de establecer los límites permisibles específicos en Luricocha. Esto es consistente con la Ley N° 31189 del Perú («Ley para fortalecer la prevención,

mitigación y atención de la salud afectada por contaminación con metales pesados y otras sustancias químicas») que exige normativas y protocolos para estos casos. De este modo, Luricocha podría consolidarse como zona de exportación competitiva si se garantiza la calidad (fitosanitaria y ambiental), se monitorean los metales, se ajustan los parámetros edáficos y se adopta un manejo técnico riguroso.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- La caracterización físico-química de los suelos agrícolas de Luricocha muestra condiciones edáficas mayormente aptas para el cultivo de palta (*Persea americana*) con fines de exportación, destacando la predominancia de texturas francas y franco-arenosas que favorecen el desarrollo radicular. El pH ligeramente alcalino (media: 7.53) y la alta variabilidad en fósforo, potasio y micronutrientes como hierro, exigen un manejo nutricional específico por sector. Los niveles de materia orgánica, nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) son adecuados, aunque se requiere control de cationes como Ca, Mg y K para evitar desequilibrios. En conjunto, los suelos presentan buen potencial productivo, condicionado a la implementación de estrategias agronómicas diferenciadas que garanticen la sostenibilidad del cultivo.
- Los resultados del análisis descriptivo y cartográfico indican que los suelos agrícolas de Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha presentan condiciones físico-químicas mayormente aptas para el cultivo de palta con fines de exportación. Las texturas predominantes (franca y franco-arenosa) favorecen el desarrollo radicular por su buen equilibrio entre drenaje y retención hídrica. Las propiedades químicas como el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica, el nitrógeno, fósforo y potasio se encuentran en rangos adecuados, aunque estos últimos muestran variabilidad que sugiere fertilización diferenciada. La capacidad de intercambio catiónico es favorable, pero el exceso de ciertos cationes (Ca, Mg y K) podría generar desbalances nutricionales. En cuanto a micronutrientes, se registraron niveles adecuados de cobre, zinc y manganeso, mientras que el hierro excede los valores recomendados, lo que podría representar un riesgo para el cultivo. Estos hallazgos sustentan la necesidad de aplicar un manejo agronómico sectorizado y correctivo, orientado a mantener la sostenibilidad y calidad del cultivo de exportación.

- Los suelos agrícolas del distrito de Luricocha, en las localidades de Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha, presentan condiciones edáficas predominantemente favorables para el cultivo de palta con fines de exportación. Las texturas franco y franco-arenosas favorecen un adecuado balance hídrico y aireación del sistema radicular. Químicamente, los suelos muestran pH ligeramente alcalino, buena disponibilidad de materia orgánica y nitrógeno, así como niveles variables de fósforo y potasio que requieren manejo nutricional zonificado. La capacidad de intercambio catiónico es adecuada, aunque el exceso de cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} puede generar desequilibrios. Los micronutrientes se encuentran en rangos óptimos, salvo el hierro, que en algunos sectores presenta concentraciones elevadas. En este contexto, se concluye que es necesario aplicar una sectorización edáfica y estrategias de manejo agronómico diferenciado para asegurar la productividad, sostenibilidad y calidad del cultivo de palta en el distrito.
- Los suelos agrícolas de Chamana, Simpayhuasi y Cercado de Luricocha presentan condiciones físico-químicas mayoritariamente favorables para el cultivo de palta de exportación. Predominan texturas franco y franco-arenosas con adecuada aireación y retención hídrica, y una CIC $>10 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$, lo que garantiza buena disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, el pH ligeramente alcalino (7.1–7.9) y el exceso de cationes intercambiables (Ca, Mg, K), así como los elevados niveles de hierro y cobre, pueden inducir desequilibrios nutricionales. La variabilidad espacial de nitrógeno, fósforo y potasio refuerza la necesidad de una fertilización zonificada. Se recomienda un manejo agronómico diferenciado, incluyendo corrección del pH, fertilización balanceada y monitoreo continuo de nutrientes, para asegurar la sostenibilidad y productividad del cultivo.
- Los análisis estadísticos aplicados a las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) en las comunidades de Chamana, Luricocha y Simpay Huasi evidenciaron una ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en todas las variables evaluadas, tales como pH, conductividad eléctrica, textura, materia orgánica,

macro y micronutrientes, así como elementos intercambiables y capacidad de intercambio catiónico. Esta homogeneidad edáfica sugiere que las condiciones del suelo son similares entre las comunidades, posiblemente debido a factores compartidos como el manejo agrícola, el material parental y las condiciones agroecológicas. En consecuencia, se concluye que los suelos presentan características relativamente uniformes para el desarrollo del cultivo de palta de exportación, lo que permite plantear estrategias de manejo agronómico y fertilización comunes a nivel comunal o distrital en la zona de Luricocha.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- A la comunidad científica e interesados se recomienda ampliar los análisis de laboratorio incorporando la evaluación de metales pesados y contaminantes potenciales, con el fin de asegurar que los suelos agrícolas del distrito de Luricocha cumplan con los límites permisibles establecidos por el MINAM y por las normas internacionales de exportación de productos agrícolas.
- Los productores de palta de las comunidades de Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha se recomienda implementar programas de manejo edáfico, orientados a la corrección del pH, la fertilización balanceada y la incorporación de materia orgánica, que optimicen la productividad y garanticen la sostenibilidad del cultivo de palta (*Persea americana*).
- A los investigadores y comunidad científica se recomienda potenciar el uso de tecnologías de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG) en estudios agrícolas, dado que su aplicación en esta investigación demostró ser una herramienta eficaz para la sectorización de suelos y la toma de decisiones orientadas a la exportación.
- A toda la comunidad científica, tesisistas universitarios e investigadores, considerar que esta investigación constituye un punto de partida para futuras investigaciones, ya que abre la posibilidad de profundizar en investigaciones con la calidad del agua de riego, dinámica de nutrientes y el impacto del cambio climático en la aptitud agrícola. Ampliar estos enfoques contribuirá a consolidar un modelo de producción sostenible de palta orientada a la exportación, aplicable no solo en Luricocha sino también en otras zonas productoras del país.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Alloway b. (2009). “*Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. Environmental Geochemistry And Health,*”
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-009-9255-4>
- Delpero A. (2023). “*Manejo de propiedades físicas del suelo para recuperar huertos de palto (Persea americana Mill.) en estado de decaimiento en Chincha*”. [Para optar título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria la Molina.]
<https://core.ac.uk/download/pdf/564084713.pdf>
- Bautista, F., Gallegos, M., & García, N. (2023). “*Manual para el muestreo y descripción de perfiles de suelo en campo con objetivos múltiples*”. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental eBooks.
<https://doi.org/10.22201/ciga.9786073084840e.2023>
- Castillo T., López R., & Ramírez N. (2021). “*Aplicación del GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi –provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible*”. Revista Agrotecnológica Amazónica, 1(2), 53-67.
<https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.192>
- Chaupis, S. (2022). “*Tipos y dosis de residuos orgánicos agroindustriales en la obtención de patrones de Persea americana (palto) en dos tipos de suelos*”. [Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria De La Selva Facultad De Agronomía]
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS_dae6ffe26727781ea8d3af2610f2c613
- Philip G. Phillip s., Boyd G. & Kate L (1999). *Soil methods for long- Term Ecological research*. Estándar soil methods.
<https://www.soilquality.org.au/factsheets/cation-exchange-capacity>

- Córdova, R. (2019). “*Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor, del sector Cruz Lomas, provincia de Luya, Amazonas – Perú*”. [Tesis para optar título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca]
https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3510/T016_44506725_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dai, Z., Lin J., Wang, X., Zeng, R., Meng, J., Luo, J., DelgadoB., M., Moreno J., Brookes, P. & Xu, J. (2023). “*Metallic micronutrients are associated with the structure and function of the soil microbiome*. Nature Communications”, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44182-2>
- Graser, A., Sutton, T., & Bernasocchi, M. (2025). “*The QGIS project: Spatial without compromiso*”. Patterns, 6(7), 101265.
<https://doi.org/10.1016/j.patter.2025.101265>
- Guerrero, A. (2019). “Estudio geomorfológico y edafológico en el desarrollo de *Persea americana* (Lauraceae), *Asparagus officinalis* (Asparagaceae) y *Saccharum officinarum* (Poaceae) en la provincia de Trujillo, Perú”. Revista Arnaldoa, vol 26 no (1) Trujillo.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000100024
- Guillen, G. (2024). “*Técnica del elemento faltante en la evaluación de la fertilidad del suelo con cultivo de palto (Persea americana Mill.), en Churcampa – Huancavelica, 2021*”. [Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional San Cristóbal De Huamanga]
<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3b0be266-e1c1-4287-9c5c-8237d206b368/content>
- Torrusio, S., Derguy, M., Lamaro, A., Torrusio, S., Derguy, M., & Lamaro, A. (2025). “*Introducción a la teledetección espacial*”. Editorial de la Universidad Nacional De La Plata.
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/182501>

Yu, H., Kong, B., Hou, Y., Xu, X., Chen, T., & Liu, X. (2022). “*A critical review on applications of hyperspectral remote sensing in crop monitoring*”. Article experimental Agriculture, 58.

<https://doi.org/10.1017/s0014479722000278>

Alamilla, J, Barajas, G., & Cardenas, M. (2023). “*Efecto de mejoradores Físicos, Químicos y Biológicos sobre la compactacion de suelos en el cultivo de aguacate (persea americana)*”. [Titulo de Ingeniero Agronomo, Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Jal]

<https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5750/1/JUAN%20CARLOS%20ALAMILLA%20ROSALES%2c%20GUSTAVO%20BARAJAS%20RODRIGUEZ%2c%20MARIA%20DE%20JESUS%20CARDENAS%20GUZMAN.pdf>

Bekele, M., Haile, W., & Kebede, F. (2023). “*Characterization and classification of soils of upper hoha sub-watershed in assosa district, western Ethiopia*”. Reach article Heliyon, vol. 9 (14866), 15.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240584402302073X>

Carrasco, J., & Ortiz, M. (2014). “*Propiedades físicas del suelo, que condicionan el desarrollo de frutas en la region de O’higgins*”. Teledetección y sistemas de información geográfica: Fundamentos teóricos y ejemplos de aplicaciones para las ciencias naturales. pg12–54. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/ebb38522-1e74-4292-8d67-b2d132ccaea4/content>

Delgado, A., Días, D., Espinoza, B., Gerónimo, G., & Juárez, K. (2013). “*Diseño de la línea de producción para la elaboración y envasado de pué de palta en el epartamento de Piura.*” Repositorio Institucional PIRHUA.

<https://acortar.link/UPB9M4>

Endalkachew, F., Kibebew, K., Bobe, B., & Asmare, M. (2018).” *Characterization and classification of soils of Yikalo subwatershed in lay Gayint District,*

Northwestern Highlands of Ethiopia". Eurasian Journal Of Soil Science, 7(2), 16.

https://www.researchgate.net/publication/325341209_Characterization_and_classification_of_soils_of_Yikalo_Subwatershed_in_Lay_Gayint_District_Northwestern_Highlands_of_Ethiopia

Espinoza, M., Machado, F, Machado, D., Reyes, G. & Espinoza, y. (2021). “*Estudio integral de suelos y pastos para general un plan de fertilizacion en la finca espinos, provincia heredia, costa rica. panamá*”: sistema integrado de apoyo.

Felles, D., & García, S. (2022). “*Factores Físicos y técnicos que influyen en el rendimiento de palto Orgánico (Persea americana Mill.), en Perú*”. Artículo vol. 38 chillan dic.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071938902022000300243&script=sci_arttext

Garrido, J. & Licon, M. (2017). “*CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL DISTRITO DE RIEGO DEL MUNICIPIO DE REPELON, ATLANTICO*. [Titulo de Ingeniero Ambiental universidad de la costa (cuc): Barranquilla]

<https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/8f83835e-8696-4999-a3ab-c5af265ad4dc/content>

Graterón, A. (2020). “*Caracterización Físicoquímica Y Minerológica De Un Suelo Agrícola Ubicado En El Campus El Limonal De La Universidad Santo Tomás, Piedecuesta*”. [Pregrado de Químico Ambiental. Universidad Santo Tomás].

<https://repository.usta.edu.co/items/d9acae4c-7e59-401b-82fa-e14616cefbb>

- Huiza, M. (2022). “*Diagnostico de las propiedades físicas y Químicas del suelo con fines de aptitud de sitio para la produccion de Maiz Amarillo Duro (Zea Mays L.)*”. [Tesis para opatar titulo de Ingeniero Agronomo, Universidad Nacional De Ucayali]
<https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4de7ec54-bacc-4725-96cc-8ca371cb74ed/content>
- Intragri. (2019). “*Requerimientos de clima y suelo en el cultivo de aguacate*”. Equipo Editorial Intragri S.C.
https://www.intagri.com/public_files/56.-Requerimientos-de-Suelo-y-Clima-del-Cultivo-de-Aguacate.pdf
- Laura, J. (2021). “*Evaluacion De La Fertilidad De Suelos Para La Implementación Del Cultivo De Palto (Persea americana) En Parcelas De 18 Comunidades Municipio Villa Libertad Licoma*”. Repositorio de la Universidad Mayor De San Andres, Bolivia
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4048920>
- Méndez, T., Palacios, S., & Rodríguez, L. (2008). “*Analisis De Suelo Foliar Y De Calidad Del Agua Para El Cultivo Del Aguacatero*”. Revista Tierra latinoamericana, vol. 26 no.1 chapingo.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000100010
- Palomino, E. (2013). “*Analisis De Los Sitemas Productivos Y De Comercialización Del Cultivo De Palto (Persea Americana) En El Valle De Luricocha, Distrito De Luricocha-Huanta-Ayacucho*”. [Acobamba: UNH.]
- IDMA (2017). *Practicass agroecológicas para el cultivo de palto*. Acierto Gráfico EIRL- Juan Pablo Fernandini 825-205- Breña- Lima – Primera edición.
<https://idmaperu.org/wp-content/uploads/2023/03/MANUAL-PALTO-HVCA.pdf>

Yuzugullu, O., Lorenz, F., Fröhlich, P. y Liebisch, F. (2020). Comprensión de los campos mediante teledetección: Zonificación del suelo y mapeo de propiedades. *Teledetección*, 12 (7), 1116.

<https://doi.org/10.3390/rs12071116>

Rojas-Briceño, NB, García, L., Cotrina-Sánchez, A., Goñas, M., Salas López, R., Silva López, JO, & Oliva-Cruz, M. (2022). Idoneidad de la tierra para el cultivo de cacao en Perú: modelado AHP y MaxEnt en un entorno SIG. *Agronomía* , 12 (12), 2930.

<https://doi.org/10.3390/agronomy12122930>

ANEXOS

Sectorización, caracterización y análisis de los suelos agrícolas con cultivo de palta (*Persea americana*) de exportación en Luricocha-Huanta

Anexo 1

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
Interrogante general ¿Cómo sectorizar e identificar las características físico-químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (<i>Persea americana</i>) en el distrito de Luricocha, con fines de exportación? Interrogantes Específicas – ¿Cómo se pueden sectorizar e identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos con cultivo de palta en Luricocha mediante teledetección y SIG (QGIS) para la elaboración de mapas temáticos? – ¿En qué medida las características físico-químicas de los suelos agrícolas del distrito de Luricocha se ajustan a los requerimientos óptimos del cultivo de palta para exportación? – ¿Cuáles son las características físicas y químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta destinados a la exportación en el distrito de Luricocha? – ¿Existen diferencias significativas en las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas entre las comunidades con cultivo de palta de exportación en Luricocha?	Objetivo General Sectorizar, empleando técnicas de teledetección e identificar las características físico y químicas de los suelos agrícolas con cultivo de palta (<i>Persea americana</i>) en el distrito de Luricocha con fines de exportación. Objetivo específico – Sectorizar e identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos cultivados con palta para exportación, mediante la aplicación de técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica (QGIS), orientado a la generación de mapas temáticos en el distrito de Luricocha. – Analizar las características físicas y químicas de los suelos con cultivo de palta destinadas a la exportación en el distrito de Luricocha. – Determinar en qué medida las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha se ajustan a los requerimientos óptimos del cultivo de palta para exportación. – Comparar las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas entre las comunidades con cultivo de palta de exportación en Luricocha.	Hipótesis General Los suelos agrícolas con cultivo de palta para exportación en el distrito de Luricocha presentan características físicas y químicas diferenciadas por sectores geográficos, las cuales pueden ser identificadas mediante técnicas de teledetección y herramientas SIG (QGIS) para elaborar mapas temáticos útiles en la planificación agronómica. Hipótesis Específica – La aplicación de técnicas de teledetección y herramientas SIG (QGIS) permite una sectorización eficiente e identificación precisa de las propiedades físico-químicas de los suelos con cultivo de palta en Luricocha, facilitando la elaboración de mapas temáticos. – Las características físico-químicas de los suelos agrícolas de Luricocha se ajustan parcialmente a los requerimientos óptimos del cultivo de palta para exportación, con variaciones según el sector geográfico. – Los suelos agrícolas con cultivo de palta en Luricocha presentan características físicas y químicas homogéneas en la mayoría de las zonas evaluadas, con ligeras variaciones atribuibles a factores edafoclimáticos locales. – Las propiedades físicas y químicas de los suelos varían significativa entre las comunidades agrícolas del distrito de Luricocha con cultivo de palta destinado a la exportación.	Variable dependiente: Características físicas y químicas del suelo Variable independiente: Técnicas de teledetección y SIG (QGIS) Requerimientos óptimos del cultivo	Tipo de investigación: Aplicada Nivel: Descriptivo – explicativo Diseño: No experimental, transversal, comparativo y correlacional Métodos: Análisis espacial, edafológico, estadístico Técnicas: Teledetección (imágenes satelitales), SIG (QGIS), análisis de laboratorio de suelos, estadística descriptiva e inferencial Instrumentos: Ficha de análisis de suelo, software QGIS, sensores remotos, base de datos georeferenciada Teledetección + SIG (QGIS); mapas temáticos; procesamiento espacial; análisis descriptivo de datos edaficos. Análisis edafológico comparativo; matriz de requerimientos óptimos vs. resultados de laboratorio; juicio experto agronómico. Análisis de laboratorio de suelos; estadística descriptiva (media, rango, desviación estándar); mapas de distribución. Análisis estadístico inferencial (ANOVA, Kruskal-Wallis, pruebas de homogeneidad); comparación intercomunal.

Anexo 2*Promedio del tipo de suelo de Luricocha tomado en 30 Puntos*

Código de Muestra	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
M1	49	42	9	Franco
M2	47	34	19	Franco
M3	53	30	17	Franco Arenoso
M4	45	40	15	Franco
M5	43	50	7	Franco Limoso
M6	47	36	17	Franco
M7	47	46	7	Franco Arenoso
M8	47	46	7	Franco Arenoso
M9	51	38	11	Franco
M10	49	32	19	Franco
M11	46	46	8	Franco
M12	64	30	6	Arena
M13	50	42	8	Franco
M14	56	32	12	Franco Arenoso
M15	54	36	10	Franco Arenoso
M16	50	42	8	Franco
M17	48	36	16	Franco
M18	40	42	18	Franco
M19	52	40	8	Franco
M20	54	34	12	Franco Arenoso
M21	40	54	6	Franco Limoso
M22	64	26	10	Franco Arenoso
M23	54	30	16	Franco Arenoso
M24	64	26	10	Franco Arenoso
M25	54	34	12	Franco Arenoso
M26	42	38	20	Franco
M27	60	22	18	Franco Arenoso
M28	60	28	12	Franco Arenoso
M29	42	38	20	Franco
M30	54	36	10	Franco Arenoso

Anexo 3

Informe de ensayo de Análisis de 30 Muestras de suelo del distrito de Luricocha



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



INFORME DE ENSAYO N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Universidad Nacional Autónoma de Huanca - UNAH
 Propietario / Productor : Universidad Nacional Autónoma de Huanca - UNAH
 Dirección del cliente : Jr. Manco Cápac Nro. 497 - Huanca - Ayacucho
 Solicitado por : Andy Alberth Rúa Illanis
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 30
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Chamana - Luricocha - Huanca - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 26-11-2023 y 27-12-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-01-05
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Cnaan
 Fecha(s) de análisis : 2024-01-10 al 2024-01-19
 Cotización del servicio : 001-24-CA
 Fecha de emisión : 2024-01-22

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU001-CA-24	SU002-CA-24	SU003-CA-24	SU004-CA-24	SU005-CA-24	SU006-CA-24
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	27/12/2023(*)
Hora de Inicio de Muestreo (h)	--	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa Plástico
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.6	7.9	7.1	7.5
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	25.2	20.9	9.4	16.6
Materia Orgánica (**)	%	0.2	6.6	4.7	2.3	6.7
Nitrógeno (**)	%	--	0.33	0.24	0.12	0.34
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	33.5	19.7	1.9	3.1
Potasio disponible (**)	mg/kg	--	329.80	282.80	88.92	213.98
Carbonato de calcio (**)	%	--	--	1.00	--	--
Acidez Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Aluminio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Textura (**)						
Arena	%	--	49	47	53	45
Limo	%	--	42	34	30	40
Arcilla	%	--	9	19	17	15
Clase Textural	---	--	Franco	Franco	Franco Arenoso	Franco
Bases Intercambiables (**)						
Calcio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.20	9.75	8.50	7.03	6.94
Magnesio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	6.36	4.70	1.97	5.88
Potasio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	1.90	1.40	0.41	1.22
Sodio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.10	0.25	0.25	0.17	0.13
CIC (**)	cmol (+)/Kg	--	18.27	14.85	9.59	14.17
Microelementos (**)						
Hierro (Fe) (**)	ppm	--	60.11	58.07	72.71	70.07
Cobre (Cu) (**)	ppm	--	4.84	5.44	4.19	5.16
Zinc (Zn) (**)	ppm	--	13.15	12.60	3.98	7.43
Manganeso (Mn) (**)	ppm	--	31.00	29.90	27.45	29.68

INFORME DE ENSAYO

N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity - Technical Corrigendum 1.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09. Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Nitrogeno	ISO 11261: 1995. First edition. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10. Determinación de Fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos (AS-10 Método de Olsen y colaboradores).
Potasio disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. 2002. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo con acetato de amonio.
Acidez Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33. Determinación de la acidez y el Aluminio intercambiable por el procedimiento de Cloruro de potasio.
Carbonato de Calcio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29. Determinación de los Carbonatos de Calcio Equivalente (AS-29 Método de Neutralización ácida).
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio.
Calcio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para calcio intercambiable).
Magnesio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para magnesio).
Sodio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para sodio intercambiable).
Potasio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para potasio intercambiable).
Microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn)	Determinación de microelementos por Absorción Atómica

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- Medición de C.E realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaan


 Ing. José Velázquez

Firma
Director de la EEA Canaán

FIN DE INFORME DE ENSAYO

INFORME DE ENSAYO
N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN
I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Universidad Nacional Autónoma de Huanca - UNAH
 Propietario / Productor : Universidad Nacional Autónoma de Huanca - UNAH
 Dirección del cliente : Jr. Manco Cápac Nro. 497 - Huanca - Ayacucho
 Solicitado por : Andy Alberth Rúa Illanis
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 30
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Chamana - Luricocha - Huanca - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 26-11-2023, 26-12-2023 y 27-12-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-01-05
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Canaan
 Fecha(s) de análisis : 2024-01-10 al 2024-01-19
 Cotización del servicio : 001-24-CA
 Fecha de emisión : 2024-01-22

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU007-CA-24	SU008-CA-24	SU009-CA-24	SU010-CA-24	SU011-CA-24	SU012-CA-24
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo	27/12/2023(*)	27/12/2023(*)	27/12/2023(*)	27/12/2023(*)	26/12/2023(*)	26/11/2023(*)
Hora de Inicio de Muestreo (h)	--	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa Plástico
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.2	7.4	7.5	7.6
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	21.2	22.7	12.4	13.7
Materia Orgánica (**)	%	0.2	7.5	7.5	6.5	9.6
Nitrógeno (**)	%	--	0.38	0.38	0.28	0.48
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	15.9	13.2	6.1	9.3
Potasio disponible (**)	mg/kg	--	221.94	250.34	268.96	155.02
Carbonato de calcio (**)	%	--	--	--	2.50	--
Acidez Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Aluminio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Textura (**)						
Arena	%	--	47	47	51	49
Limo	%	--	46	46	38	32
Arcilla	%	--	7	7	11	19
Clase Textural	---	--	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco	Franco
Bases Intercambiables (**)						
Calcio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.20	8.59	8.42	8.44	5.57
Magnesio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	5.74	4.98	3.78	5.88
Potasio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	1.36	1.47	1.46	0.95
Sodio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.10	0.16	0.14	0.13	0.12
ClC: (**)	cmol (+)/Kg	--	15.84	15.01	13.80	12.53
Microelementos (**)						
Hierro (Fe) (**)	ppm	--	125.83	139.08	65.87	96.69
Cobre (Cu) (**)	ppm	--	5.43	5.89	4.80	4.79
Zinc (Zn) (**)	ppm	--	8.92	8.04	7.67	10.80
Manganeso (Mn) (**)	ppm	--	34.00	39.66	35.61	31.62

INFORME DE ENSAYO
N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN
III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity - Technical Corrigendum 1.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09. Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Nitrogeno	ISO 11261: 1995. First edition. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10. Determinación de Fosforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos (AS-10 Método de Olsen y colaboradores).
Potasio disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. 2002. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo con acetato de amonio.
Acidez Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33. Determinación de la acidez y el Aluminio intercambiable por el procedimiento de Cloruro de potasio.
Carbonato de Calcio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29. Determinación de los Carbonatos de Calcio Equivalente (AS-29 Método de Neutralización ácida).
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio.
Calcio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para calcio intercambiable).
Magnesio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para magnesio).
Sodio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para sodio intercambiable).
Potasio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para potasio intercambiable).
Microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn)	Determinación de microelementos por Absorción Atómica

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- Medición de C.E realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaan

INTE. NAC. INNOV. AGRARIA - INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ROSARIO CANAAN
 Ing. José Velázquez Villanar
 DIRECTOR

Firma
 Director de la EEA Canaán

FIN DE INFORME DE ENSAYO

INFORME DE ENSAYO
N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Universidad Nacional Autónoma de Huanta - UNAH
 Propietario / Productor : Universidad Nacional Autónoma de Huanta - UNAH
 Dirección del cliente : Jr. Manco Cápac Nro. 497 - Huanta - Ayacucho
 Solicitado por : Andy Alberth Rúa Illanis
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 30
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Chamana - Luricocha - Huanta - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 26-11-2023, 26-12-2023 y 27-12-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-01-05
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Canaan
 Fecha(s) de análisis : 2024-01-10 al 2024-01-19
 Cotización del servicio : 001-24-CA
 Fecha de emisión : 2024-01-22

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU013-CA-24	SU014-CA-24	SU015-CA-24	SU016-CA-24	SU017-CA-24	SU018-CA-24
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/12/2023(*)
Hora de Inicio de Muestreo (h)	--	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa Plástico
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M13	M14	M15	M16	M17	M18
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.3	7.6	7.7	7.8
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	17.1	15.0	16.2	11.2
Materia Orgánica (**)	%	0.2	6.4	4.8	5.7	6.8
Nitrógeno (**)	%	--	0.32	0.24	0.29	0.34
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	93.1	58.4	16.4	13.2
Potasio disponible (**)	mg/kg	--	203.54	209.46	122.58	116.76
Carbonato de calcio (**)	%	--	--	--	2.00	1.00
Acidez Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Aluminio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Textura (**)						
Arena	%	--	50	56	54	40
Limo	%	--	42	32	36	42
Arcilla	%	--	8	12	10	18
Clase Textural	---	--	Franco	Franco Arenoso	Franco	Franco
Bases Intercambiables (**)						
Calcio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.20	4.69	4.48	8.04	8.55
Magnesio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	5.05	5.37	5.06	4.12
Potasio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	1.13	1.18	0.57	0.94
Sodio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.10	0.13	0.17	0.18	0.17
CIC (**)	cmol (+)/Kg	--	10.99	11.20	13.86	13.77
Microelementos (**)						
Hierro (Fe) (**)	ppm	--	85.53	82.41	147.19	131.66
Cobre (Cu) (**)	ppm	--	6.42	4.42	4.36	5.49
Zinc (Zn) (**)	ppm	--	15.18	9.15	10.76	7.17
Manganeso (Mn) (**)	ppm	--	29.66	28.64	25.46	28.87

INFORME DE ENSAYO

N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity - Technical Corrigendum 1.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09. Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Nitrogeno	ISO 11261: 1995. First edition. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10. Determinación de Fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos (AS-10 Método de Olsen y colaboradores).
Potasio disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. 2002. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo con acetato de amonio.
Acidez Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33. Determinación de la acidez y el Aluminio intercambiable por el procedimiento de Cloruro de potasio.
Carbonato de Calcio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29. Determinación de los Carbonatos de Calcio Equivalente (AS-29 Método de Neutralización ácida).
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio.
Calcio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para calcio intercambiable).
Magnesio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para magnesio).
Sodio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para sodio intercambiable).
Potasio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para potasio intercambiable).
Microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn)	Determinación de microelementos por Absorción Atómica

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- Medición de C.E realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaan


 Ing. José Velázquez Manturi
 DIRECTOR

Firma
 Director de la EEA Canaán

FIN DE INFORME DE ENSAYO

INFORME DE ENSAYO

N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Universidad Nacional Autónoma de Huanca - UNAH
 Propietario / Productor : Universidad Nacional Autónoma de Huanca - UNAH
 Dirección del cliente : Jr. Manco Cápac Nro. 497 - Huanca - Ayacucho
 Solicitado por : Andy Alberth Rúa Illanis
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 30
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Chamana - Simpay Huasi - Cercado - Luricocha - Huanca - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 26-11-2023, 26-12-2023 y 27-12-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-01-05
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Canaan
 Fecha(s) de análisis : 2024-01-10 al 2024-01-19
 Cotización del servicio : 001-24-CA
 Fecha de emisión : 2024-01-22

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU019-CA-24	SU020-CA-24	SU021-CA-24	SU022-CA-24	SU023-CA-24	SU024-CA-24
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/12/2023(*)	26/12/2023(*)	26/12/2023(*)
Hora de Inicio de Muestreo (h)	--	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa Plástico
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M19	M20	M21	M22	M23	M24
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.4	7.2	7.5	7.5
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	21.1	24.8	25.3	14.0
Materia Orgánica (**)	%	0.2	7.0	3.8	5.9	7.1
Nitrógeno (**)	%	--	0.35	0.19	0.30	0.36
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	23.6	56.2	9.5	11.8
Potasio disponible (**)	mg/kg	--	119.50	427.24	125.96	149.42
Carbonato de calcio (**)	%	--	--	--	--	6.00
Acidez Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Aluminio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Textura (**)						
Arena	%	--	52	54	40	64
Limo	%	--	40	34	54	26
Arcilla	%	--	8	12	6	10
Clase Textural	---	--	Franco	Franco Arenoso	Franco Limoso	Franco Arenoso
Bases Intercambiables (**)						
Calcio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.20	8.26	6.65	8.58	6.43
Magnesio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	5.19	5.37	6.46	6.03
Potasio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	0.66	2.50	2.55	0.87
Sodio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.10	0.19	0.25	0.27	0.18
ClC (**)	cmol (+)/Kg	--	14.30	14.77	17.86	13.52
Microelementos (**)						
Hierro (Fe) (**)	ppm	--	184.69	132.66	206.35	100.10
Cobre (Cu) (**)	ppm	--	4.22	2.04	45.82	3.93
Zinc (Zn) (**)	ppm	--	11.35	5.27	6.12	14.42
Manganeso (Mn) (**)	ppm	--	16.73	12.72	25.99	28.78

INFORME DE ENSAYO

N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity - Technical Corrigendum 1.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09. Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Nitrogeno	ISO 11261: 1995. First edition. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10. Determinación de Fósforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos (AS-10 Método de Olsen y colaboradores).
Potasio disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. 2002. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo con acetato de amonio.
Acidez Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33. Determinación de la acidez y el Aluminio intercambiable por el procedimiento de Cloruro de potasio.
Carbonato de Calcio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29. Determinación de los Carbonatos de Calcio Equivalente (AS-29 Método de Neutralización ácida).
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio.
Calcio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para calcio intercambiable).
Magnesio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para magnesio).
Sodio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para sodio intercambiable).
Potasio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para potasio intercambiable).
Microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn)	Determinación de microelementos por Absorción Atómica

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- Medición de C.E realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaan


 Ing. José Velázquez Mantari
 DIRECTOR

Firma
Director de la EEA Canaán

FIN DE INFORME DE ENSAYO

INFORME DE ENSAYO
N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN
I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Universidad Nacional Autónoma de Huanta - UNAH
 Propietario / Productor : Universidad Nacional Autónoma de Huanta - UNAH
 Dirección del cliente : Jr. Manco Cápac Nro. 497 - Huanta - Ayacucho
 Solicitado por : Andy Alberth Rúa Illanis
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 30
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Chamana - Simpay Huasi - Cercado - Luricocha - Huanta - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 26-11-2023, 26-12-2023 y 27-12-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-01-05
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Canaan
 Fecha(s) de análisis : 2024-01-10 al 2024-01-19
 Cotización del servicio : 001-24-CA
 Fecha de emisión : 2024-01-22

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ÍTEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU025-CA-24	SU026-CA-24	SU027-CA-24	SU028-CA-24	SU029-CA-24	SU030-CA-24
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/11/2023(*)	26/12/2023(*)	26/12/2023(*)	26/12/2023(*)
Hora de Inicio de Muestreo (h)	--	--	--	--	--	--
Condición de la muestra	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa plástico	Bolsa Plástico
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.4	7.5	7.6	7.7
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	9.8	15.3	60.3	14.1
Materia Orgánica (**)	%	0.2	6.3	4.1	13.1	10.1
Nitrógeno (**)	%	--	0.32	0.21	0.66	0.51
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	98.0	97.7	84.0	14.0
Potasio disponible (**)	mg/kg	--	221.00	354.00	871.00	223.00
Carbonato de calcio (**)	%	--	--	--	--	1.00
Acidez Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Aluminio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--	--	--	--
Textura (**)						
Arena	%	--	54	42	60	60
Limo	%	--	34	38	22	28
Arcilla	%	--	12	20	18	12
Clase Textural	---	--	Franco Arenoso	Franco	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Bases Intercambiables (**)						
Calcio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.20	4.84	3.88	13.69	10.36
Magnesio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	5.35	11.90	16.15	6.41
Potasio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	1.39	2.24	6.45	1.23
Sodio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.10	0.13	0.20	0.24	0.16
CIC (**)	cmol (+)/Kg	--	11.71	18.22	36.53	18.15
Microelementos (**)						
Hierro (Fe) (**)	ppm	--	119.73	115.98	66.53	141.79
Cobre (Cu) (**)	ppm	--	4.68	3.32	5.74	3.42
Zinc (Zn) (**)	ppm	--	8.99	4.89	15.76	8.54
Manganeso (Mn) (**)	ppm	--	14.37	16.27	32.31	35.77

INFORME DE ENSAYO

N° 01002-24/SU/ LABSAF - CANAAN

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity - Technical Corrigendum 1.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09. Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Nitrogeno	ISO 11261: 1995. First edition. Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10. Determinación de Fosforo aprovechable para suelos neutros y alcalinos (AS-10 Método de Olsen y colaboradores).
Potasio disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. 2002. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo con acetato de amonio.
Acidez Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33. Determinación de la acidez y el Aluminio intercambiable por el procedimiento de Cloruro de potasio.
Carbonato de Calcio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29. Determinación de los Carbonatos de Calcio Equivalente (AS-29 Método de Neutralización ácido).
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Bases intercambiables de suelo con acetato de amonio.
Calcio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para calcio intercambiable).
Magnesio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para magnesio).
Sodio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para sodio intercambiable).
Potasio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (AS-12 Método de acetato de amonio para potasio intercambiable).
Microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn)	Determinación de microelementos por Absorción Atómica

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- Medición de C.E. realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaan

INTE. NAC. INNOV. AGRARIA - INIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA CANAAN
Ing. José Velásquez Manturi
DIRECTOR

Firma

Director de la EEA Canaán

FIN DE INFORME DE ENSAYO

Anexo 4

Muestreo de Suelos en las Comunidades de Chamana, Simpay Huasi y Cercado de Luricocha

Ubicación de muestra en Simpay Huasi	Manejo adecuado de materiales en Simpay Huasi
	
Excavación de suelo 30cm de largo, 30cm de ancho, 30cm de profundidad en Simpay Huasi	Embolsado y rotulado de muestra de suelo en Simpay Huasi
	
Ubicación de muestra en Chamana	Manejo adecuado de materiales Chamana
	
Excavación de suelo 30cm de largo, 30cm de ancho, 30cm de profundidad en Chamana	Embolsado y rotulado de muestra de suelo en Chamana

Excavación de suelo 30cm de largo, 30cm de ancho, 30cm de profundidad en Chamana	Embolsado y rotulado de muestra de suelo en Chamana
	
Ubicación de muestra en Cercado de Luricocha	Manejo adecuado de materiales en Cercado de Luricocha
	
Excavación de suelo 30cm de largo, 30cm de ancho, 30cm de profundidad en Cercado de Luricocha	Embolsado y rotulado de muestra de suelo en Cercado de Luricocha
	

Anexo 5

Muestreo de 30 muestras de Suelos en las comunidades Chamana, Simpay Huasi, Cercado de Luricocha

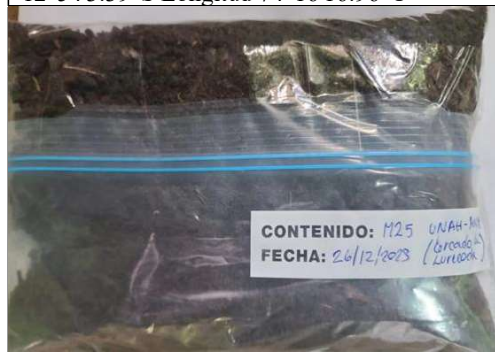
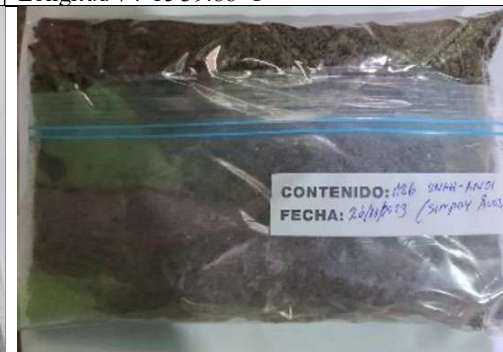
M1 Chamana Latitud 12°53'15.15"S Longitud 74°16'0.25"O	M2 Chamana Latitud 12°53'18.29"S Longitud 74°16'14.18"O
	
M3 Chamana Latitud 12°53'16.54"S Longitud 74°16'26.89"O	M4 Chamana Latitud 12°53'22.10"S Longitud 74°16'32.02"O
	
M5 Chamana Latitud 12°53'31.30"S Longitud 74°16'42.96"O	M6 Chamana Latitud 12°53'20.81"S Longitud 74°15'59.65"O
	
M7 Chamana Latitud 12°53'22.68"S Longitud 74°16'6.10"O	M8 Chamana Latitud 12°53'23.88"S Longitud 74°16'14.55"O

	
M9 Chamana Latitud 12°53'26.35"S Longitud 74°16'22.88"O	M10 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'32.29"S Longitud 74°16'29.77"O
	
M11 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'37.71"S Longitud 74°16'34.43"O	M12 Chamana Latitud 12°53'26.87"S Longitud 74°16'1.63"O
	
M13 Chamana Latitud 12°53'28.89"S Longitud 74°16'9.46"O	M14 Simpay Huasi Latitud 12°53'36.83"S Longitud 74°16'21.21"O
	
M15 Chamana Latitud 12°53'42.69"S Longitud 74°16'30.79"O	M16 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'38.52"S Longitud 74°16'0.22"O



M17 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'41.33"S Longitud 74°16'4.78"O	M18 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'45.92"S Longitud 74°16'13.48"O
M19 Chamana Latitud 12°53'47.25"S Longitud 74°16'25.19"O	M20 Simpay Huasi Latitud 12°53'43.56"S Longitud 74°15'51.25"O
M21 Simpay Huasi Latitud 12°53'50.79"S Longitud 74°16'2.11"O	M22 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'54.36"S Longitud 74°16'7.96"O

M23 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'56.59"S Longitud 74°16'15.52"O	M24 Cercado De Luricocha Latitud 12°53'59.50"S Longitud 74°16'14.11"O
	

M25 Cercado De Luricocha Latitud 12°54'3.39"S Longitud 74°16'16.96"O	M26 Simpay Huasi 1 Latitud 2°53'49.74"S Longitud 74°15'39.88"O
	
M27 Simpay Huasi Latitud 12°53'56.78"S Longitud 74°15'55.37"O	M28 Cercado De Luricocha Latitud 12°54'0.19"S Longitud 74°16'3.50"O
	
M29 Cercado De Luricocha Latitud 12°54'2.17"S Longitud 74°16'9.79"O	M30 Cercado De Luricocha Latitud 12°54'3.20"S Longitud 74°16'14.39"O

