

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

“Evaluación de propiedades físicas de los suelos agrícolas del Centro de Investigación y Producción de Santo Tomas – UTEA – Abancay – Apurímac”

Presentado por:

FLORES ZAMORA, José Antonio

PUMACAYO VERA, Ros Mery

ROJAS PANIAGUA, Elizabeth

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Abancay – Apurímac – Perú

2021

Tesis

“Evaluación de propiedades físicas de los suelos agrícolas del Centro de Investigación y Producción de Santo Tomas – UTEA – Abancay – Apurímac”

Línea de Investigación:

Agricultura y ambiente

Asesor:

Mg. Sc. Juan Alarcón Camacho



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

**“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS
DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SANTO TOMAS –
UTEA – ABANCAY – APURÍMAC”**

Presentado por:

FLORES ZAMORA, José Antonio.

PUMACAYO VERA, Ros Mery.

ROJAS PANIAGUA, Elizabeth.

Para optar el Título Profesional de: **INGENIERO AGRÓNOMO.**

Sustentado y aprobado el 07 de diciembre del 2021 ante el jurado:

Presidente : Dr. Francisco Medina Raya.

Primer miembro : Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya.

Segundo miembro: Ing. Jaher Alejandro Menacho Morales

Asesor : Mg. Sc. Juan Alarcón Camacho.

DEDICATORIA

A Dios, guía fraternal que permitió cumplir con mi meta, a mis queridos padres Sr. Antonio FloresSanti, la Sra. Paulina Zamora Pérez por su apoyo incondicional y sacrificio de día a día, y a mis hermanos, a ellos les digo gracias, también a los docentes que formaron parte de mi formación profesional.

José Antonio.

Dedicado a ese ser único que siempre guía mi senda, Dios. A mis, padres Sra. Avelina Vera Román y Sr. Mario Pumacayo Palomino ejemplos de lucha y superación, por su amor magno y apoyo absoluto sin igual, a mis hermanos(as) que siempre me motivan compartiendo sus buenos consejos, valores y principios, a mis maestros de la Escuela Profesional de Agronomía, quienes compartieron su sabiduría para forjar a una profesional que aportará en el desarrollo sostenible de la sociedad.

Ros Mery.

Especial dedicación a Dios, por cuidarme y brindar la fortaleza en todo el tiempo de mi vida y alcanzar mis aspiraciones, a mis padres, quienes han velado por mi bienestar y educación, siendomi apoyo en todo momento, a mis amados hijos Maricielo y Miguel Ángel, quienes con su apoyoy amor incondicional han motivado el logro de mis objetivos, a mi esposo, hermanas y mi queridaamiga y docente Ing. Rosa E. Marrufo Montoya, quienes con su ejemplo, apoyo y confianza me han motivado a superar los obstáculos que se me presentaban en cada uno de mis retos, con inteligencia y sabiduría alcancé lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

Elizabeth.

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a los señores docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, Ing. Rosa Marrufo Montoya, Mag. Braulio Pérez Campana, Mg. Sc. Juan Alarcón Camacho (asesor), Dr. Francisco Medina Raya, Mag. Lucio Martínez Carrasco, Ing. Jaher Menacho Morales y Dr. Ely Acosta Valer.

A todos ellos por habernos compartido sus conocimientos y por su aporte en la formación profesional de cada uno de nosotros.

José Antonio, Ros Mery, Elizabeth.

ÍNDICE

	Pág.
PORTADA.....	i
POSPORTADA.....	ii
PÁGINAS PRELIMINARES	
PÁGINAS DE JURADOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Identificación y formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación	3
1.5 Hipótesis	4

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de investigación.....	5
2.1.1	A nivel internacional.....	5
2.1.2	A nivel nacional.....	7
2.1.3	A nivel regional y local	9
2.2	Bases teóricas.....	9
2.2.1	Propiedades físicas de los suelos agrícolas	9
2.2.2	Textura de suelo	10
2.2.3	Estructura del suelo	11
2.2.4	Densidad del suelo	11
2.2.5	Porosidad del suelo	14
2.2.6	Profundidad efectiva	15
2.2.7	Color del suelo.....	16
2.3	Marco conceptual.....	18
2.3.1	Textura del suelo según su tamaño.....	18
2.3.2	Escala de medidas de partículas del suelo.....	19
2.3.3	Determinación de la textura del suelo.....	20
2.3.4	Clases se suelos y sus proporciones.....	21
2.3.5	Formas y tipos de estructura del suelo	22
2.3.6	Clasificación de suelos	23
2.3.7	Profundidad del suelo	24

CAPITULO III
MATERIALES Y METODOS

3.1	Ubicación	25
3.1.1	Ubicación geográfica	25
3.1.2	Ubicación política.....	26

3.2	Materiales.....	27
3.2.1	Materiales y equipos de gabinete	27
3.2.2	Materiales y equipos de campo	27
3.2.3	Materiales de laboratorio	28
3.2.4	Reactivos e insumos.....	28
3.2.5	Información cartográfica y satelital	28
3.3	Método	29
3.3.1	Determinación de la textura	29
3.3.2	Determinación de estructura.....	31
3.3.3	Densidad	32
3.3.4	Porosidad del suelo	33
3.3.5	Determinación de la profundidad efectiva.....	34
3.3.6	Determinación del color de suelo.....	34
3.4	Tipo de investigación	34
3.5	Nivel de investigación	34
3.6	Diseño de investigación	35
3.7	Operacionalización de variables	36
3.8	Población, muestra y muestreo.....	36
3.8.1	Población.....	36
3.8.2	Muestra.....	37
3.8.3	Muestreo.....	38
3.9	Técnicas e instrumentos	39
3.10	Procesamiento estadístico	40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES

4.1	Resultados	41
4.1.1	Identificación y delimitación de áreas agrícolas del centro de Investigación y Producción Santo Tomás del distrito Pichirhua de Abancay .	41
4.1.2	Muestras por zona y parcela.....	42
4.1.3	Resultados de la descripción de las propiedades físicas de los suelos agrícolas	43
4.1.4	Clasificación de los suelos agrícolas según las propiedades físicas del área de investigación	56
4.2	Discusiones.....	58
	CONCLUSIONES.....	63
	RECOMENDACIONES.....	64
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Nº 01: Densidad aparente y el crecimiento de raíces	13
Cuadro Nº 02: Interpretación del color del suelo.....	18
Cuadro Nº 03: Escala de medidas de partículas del suelo.....	19
Cuadro Nº 04: Clases de suelos y sus proporciones.....	22
Cuadro Nº 05: Clasificación del suelo según porosidad.....	23
Cuadro Nº 06: Porosidad según la FAO.....	23
Cuadro Nº 07: Rango de profundidad.....	24
Cuadro Nº 08: Operacionalización de variables.....	36
Cuadro Nº 09: Áreas del Fundo Santo Tomás	37
Cuadro Nº 10: Parcelas muestreadas del Centro del área de estudio.....	37
Cuadro Nº 11: Zonas y parcelas de investigación.....	41
Cuadro Nº 12: Muestras de suelo por zona y parcela.....	43
Cuadro Nº 13: Resultados de textura de suelos agrícolas de la zona alta	48
Cuadro Nº 14: Resultados de textura de suelos agrícolas de la zona media	48
Cuadro Nº 15: Resultados de textura de suelos agrícolas de la zona baja	48
Cuadro Nº 16: Densidad aparente por zonas y parcelas.....	50
Cuadro Nº 17: Densidad aparente por clase textural, parcelas y zonas.....	51
Cuadro Nº 18: Resultados de Información base para densidad real por y parcela	52
Cuadro Nº 19: Resultados de densidad real por parcela.....	53
Cuadro Nº 20: Resultados de porosidad.....	54
Cuadro Nº 21: Profundidad efectiva	55
Cuadro Nº 22: Clasificación de suelos según grupo de capacidad de uso mayor.	57
Cuadro Nº 23: Clase textural según zonas de estudio	59
Cuadro Nº 24: Densidad aparente según textura de suelo	60
Cuadro Nº 25: Resumen de resultados de propiedades físicas de suelos.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Clase textural de suelos de la zona alta.	45
Gráfico N° 02: Distribución de partículas en porcentaje por parcelas de la zona alta.	45
Gráfico N° 03: Clase textural de suelos de la zona media.	46
Gráfico N° 04: Distribución porcentual de partículas de suelos de la zona media	46
Gráfico N° 05: Clase textural de suelos de la zona baja.	47
Gráfico N° 06: Distribución porcentual de partículas de suelos de la zona baja..	47
Gráfico N° 07: Clases texturales de suelos del área de estudio.....	49

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen Nº 01: Densidad aparente y real.....	12
Imagen Nº 02: Cálculo de porosidad del suelo.....	15
Imagen Nº 03: Profundidad efectiva del suelo.....	16
Imagen Nº 04: Tabla Munsell.....	17
Imagen Nº 05: Triángulo textural.....	20
Imagen Nº 06: Formas de estructura del suelo.....	22
Imagen Nº 07: Clasificación de los tipos de estructura.....	23
Imagen Nº 08: Mapa geográfico de Apurímac.....	25
Imagen Nº 09: Ubicación del estudio.....	26
Imagen Nº 10: Área de estudio.....	26
Imagen Nº 11: Flujo del proceso de análisis de textura de suelos por el método Bouyoucos.....	30
Imagen Nº 12: Procedimiento de análisis del suelo.....	31
Imagen Nº 13: Zonas y parcelas de investigación.....	42
Imagen Nº 14: Color de suelo de la zona de estudio.....	56
Imagen Nº 15: Obtención de muestras de suelos por método zigzag.....	85
Imagen Nº 16: Limpieza del área de muestreo.....	86
Imagen Nº 17: Excavación en v.....	86
Imagen Nº 18: Obtención de la muestra por el método decuarteo.....	87
Imagen Nº 19: Muestras rotuladas en el laboratorio.....	87
Imagen Nº 20: Secado de muestras.....	88
Imagen Nº 21: Tamizado de la muestra.....	88
Imagen Nº 22: Materiales e insumos para determinación de la textura.....	89
Imagen Nº 23: Proceso de disolución de las partículas minerales de la muestra.....	89
Imagen Nº 24: Lectura de la muestra con el hidrómetro y termómetro.....	90
Imagen Nº 25: Procesamiento.....	90
Imagen Nº 26: Determinación de la densidad aparente.....	91
Imagen Nº 27: Excavación de calicata para determinación de la profundidad efectiva.....	91

RESUMEN

La esencia de la investigación fue evaluar las propiedades físicas de los suelos agrícolas, y para determinar cada componente se recurrió al uso del método de bouyoucos para textura, la estructura mediante el método comparativo, la densidad aparente por el método de cilindro, densidad real por picnómetro, porosidad a través de los resultados de la densidad aparente y densidad real, profundidad efectiva mediante observación y medición directa, y color del suelo a partir de las muestras y uso de la tabla Munsell e interpretación. El área total de investigación de 22.31 hectáreas fueron delimitadas en zona alta, media y baja, con sus respectivas parcelas, siendo la unidad de análisis una muestra de una parcela, haciendo un total de 20 muestras. Los resultados de textura predominan en la zona alta como franco arcilloso (48.886%), en la zona media y baja es arcillo arenoso de (50.00 %) y (42.86 %) respectivamente. La estructura es granular y migojosa, la densidad aparente varía de 1.66 a 1.82 gr/cm³, la densidad real en promedio de 2.20 a 2.42 gr /ml; porosidad variable, de media, alta a muy alta; profundidad efectiva de moderadamente profundos a profundo, y suelos de color marrón para toda la zona de estudio.

Finalmente, se clasificó los suelos según la Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor en suelos aptos para cultivos permanentes en la zona alta y media, y suelos de aptitud para cultivos en limpio en la zona baja.

Palabras clave:

Propiedades físicas del suelo, textura, densidad de suelo, porosidad, color de suelo.

ABSTRACT

The essence of the research was to evaluate the physical properties of agricultural soils, and to determine each component, the bouyoucos method was used for texture, the structure using the comparative method, the apparent density by the cylinder method, the real density by pycnometer, porosity through bulk density and true density results, effective depth through direct observation and measurement, and soil color from samples and use of the Munsell table and interpretation. The total research area of 22.31 hectares was delimited into upper, middle and lower zones, with their respective plots, the unit of analysis being a sample from a plot, making a total of 20 samples. The texture results predominate in the upper zone as clay loam (48.886%), in the middle and lower zone it is sandy clay (50.00%) and (42.86%) respectively. The structure is granular and crumbly, the apparent density varies from 1.66 to 1.82 gr/cm³, the real density on average from 2.20 to 2.42 gr/ml; variable porosity, from medium, high to very high; effective depth from moderately deep to deep, and brown soils for the entire study area.

Finally, the soils were classified according to the Land Classification for their Major Use Capacity in soils suitable for permanent crops in the upper and middle zones, and soils suitable for clean crops in the lower zone.

Keywords:

Soil physical properties, texture, soil density, porosity, soil color.

INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial demanda alimentos que deben atendidos oportunamente para la satisfacción de la alimentación de las familias, tanto de la grandes urbes como del medio rural, ante esta realidad es necesario conocer que el suelo es un recurso dinámico que requiere el manejo racional para producir alimentos de calidad y cantidad suficiente, sin deteriorarlas, esto obliga que los agricultores tienen tener conocimiento sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas, para conducir sus fincas de manera planificada, dotar de nutrientes, agua, entre otros requerimientos, todo relacionado con productividad de las tierras en explotación.

La premisa anterior también es aplicable en la explotación de terrenos agrícolas del lugar de estudio, y por la importancia que significa se determinó principalmente, la textura, estructura, densidad aparente, densidad real, porosidad, profundidad efectiva, y color de suelo. La investigación trata de responder a la interrogante formulada, puesto que no existe estudios relacionados y aplicables al ámbito de la investigación, para la explotación racional de tierras de manera planificada, por tanto, los conocimientos generados no solo van a servir al antes referido Centro de Investigación y Producción, también será de utilidad para los agricultores de la región de Apurímac, así como también para comunidad científica. Los resultados alcanzados es fruto del trabajo en base a objetivos, hipótesis, una revisión bibliográfica de bases teóricas y marco conceptual, métodos y operacionalización de variables, cuyo producto final fue la identificación y delimitación de áreas bajo riego en zonas alta, media y baja, con características propias que presentan cada una de ellas, también permitió clasificar en tierras aptas cultivos permanentes y cultivos en limpio.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El conocimiento de la calidad de los suelos, y sobre todo las propiedades físicas de los suelos es de vital importancia puesto que está relacionado con el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas, otras especies vegetales, como también con la floramicrobiana, disponibilidad de nutrientes, entre otros, contribuyen en la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas en cualquier lugar del país a nivel mundial. En el Perú existen experiencias de investigaciones sobre las propiedades físicas de los suelos agrícolas con enfoques y usos diferentes, pero a nivel de la región de Apurímaco se ha encontrado, tampoco se tiene conocimiento de estudios realizados, de existir probablemente sean para propósitos diferentes a la actividad agrícola.

En el ámbito de trabajo no se han efectuado investigación relacionada con las propiedades físicas de suelos agrícolas, por tanto, no se conoce las características de la textura, estructura, densidad aparente, densidad real, profundidad efectiva, porosidad, drenaje y color de los suelos, esta situación actual requiere zonificar las áreas de cultivo en parcelas de acuerdo a resultados de la investigación a fin de que la explotación agrícola se lleve a cabo de manera racional, puesto que en momentos actuales se efectúan de acuerdo a criterios subjetivos, esto influye en la baja productividad de los suelos, toda vez que no

están siendo destinados de acuerdo a la capacidad productiva por grupo textural y otras consideraciones técnicas de relación existentes con otras propiedades de los suelos.

En realidad, la investigación responde a caracterizar las propiedades físicas de los suelos del lugar del estudio y clasificar según la textura y otras características descritas de cada componente por zonas y parcelas debidamente identificadas y delimitadas en función de la capacidad potencial del recurso suelo.

1.2 Identificación y formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las características de las propiedades físicas de los suelos agrícolas del Centro de Investigación y Producción de Santo Tomás de la Universidad Tecnológica de los Andes?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las áreas agrícolas identificadas y delimitadas para describir las propiedades físicas de los suelos?
- ¿Cuáles son las características de la textura, estructura, densidad aparente, densidad real, profundidad efectiva, porosidad y color de los suelos agrícolas?
- ¿Cuáles son las clases de suelos según las propiedades físicas de los suelos en las parcelas estudiadas?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas de los suelos agrícolas del Centro de Investigación y Producción Santo Tomás de la Universidad Tecnológica de Los Andes, del distrito de Pichirhua, provincia Abancay -

Departamento Apurímac.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar y delimitar las áreas agrícolas para describir y caracterizar cada propiedad de los suelos.
- Determinar la textura, estructura, densidad aparente, densidad real, profundidad efectiva, porosidad y color de los suelos por zonas y parcelas agrícolas.
- Clasificar los suelos agrícolas de las zonas de estudio según los resultados de la caracterización de las propiedades físicas del suelo

1.4 Justificación de la investigación

Una explotación agrícola racional y planificada de las fincas es tarea ineludible de un agricultor responsable, por lo que debe conocer la textura, estructura, densidad aparente, densidad real, drenaje, porosidad, profundidad efectiva y color de los suelos. Las propiedades físicas del suelo influyen también en el movimiento del agua, gases, disponibilidad de nutrientes y dinámica microbiana, esto siempre relacionado con los factores químicos y biológicos, y de estrecha relación con la determinación de la fertilidad de los suelos y en muchos casos proponer alternativas de recuperación para otros usos como la ganadería. Al no existir ninguna investigación y experiencia relacionados a labores de explotación agrícola, se decidió proceder con la investigación para generar conocimientos de utilidad para la planificación estratégica de las áreas agrícolas y manejo de cultivos en zonas y parcelas identificadas y delimitadas, y de aplicarse los resultados de la investigación y selección apropiada de tecnologías y cultivos permite incrementar rendimientos unitarios en superficies cultivadas, mayor volumen de productos cosechados, y rentabilidad aceptable,

esto sin causar daños en el ecosistema existente a condiciones del lugar de la investigación con características propias de un valle interandino típico de la sierra sur del Perú.

Finalmente, los resultados obtenidos en la investigación servirán como información de base para cualquier explotación agrícola planificada en la región Apurímac y otras latitudes, esto permitirá a los agricultores crecer y desarrollarse económicamente en forma sostenida a través del tiempo, y mejorar su calidad de vida haciendo una actividad rentable y competitiva.

1.5 Hipótesis

Caracterizando la textura, estructura, densidad aparente, densidad real, profundidad efectiva, porosidad, drenaje y color de los suelos agrícolas, definirá las propiedades físicas, que finalmente permite clasificar para una explotación racional por zonas y parcelas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

2.1.1 A nivel internacional

Bautista (2020), hace conocer que la estructura y las partículas conformantes, entre otras consideraciones e interacciones son necesarias, y partiendo de fuentes confiables menciona a la textura, estructura, color, consistencia, densidad, porosidad, profundidad radicular, etc, analiza y procesa todas las variables, llegando a concluir que el conocimiento de las propiedades físicas del suelo es vital para el manejo de cualquier cultivo, siempre relacionado con los factores químicos y biológicos, principalmente.

Saavedra et al. (2019). Reportan que las propiedades de suelos son de importancia vital para el desarrollo y productividad de los cultivos, y en la investigación que ejecutaron tuvieron como objetivo realizar la caracterización de propiedades físicas y químicas del suelo en 13 parcelas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial del municipio Campo Alegre, departamento de Huila de Colombia, y la relación con los sistemas productivos. Para fines de estudio realizaron la toma de tres muestras en lugares estratégicos de cada unidad productiva.

La profundidad para las muestras seleccionadas fue 60 cm, con las que

se determinó porosidad total, densidad aparente, contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica y pH. Los resultados fueron procesados estadísticamente y se encontraron suelos heterogéneos que han atribuido a la variabilidad del manejo y cultivo establecido; y han concluido, argumentando que las unidades productivas de cacao, plátano y el sistema agroforestal de maracuyá han generado impactos significativos en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Leyva et al. (2018) han determinado la textura, la densidad aparente, la capacidad de campo, porosidad total y de aireación, contenido de materia orgánica y la enzima β -glucosidasa. utilizaron diferentes métodos para cada caso y los resultados obtenidos han mostrado que las tecnologías aplicadas en los pastizales afectan las propiedades físicas de los suelos, degradan e incrementan la densidad aparente, menores valores de infiltración, porosidad, entre otros.

Novillo et al. (2018) a través de resultados obtenidos de conductividad hidráulica, densidad aparente, densidad real, porosidad total, porosidad de aireación, humedad volumétrica, textura, arcilla dispersa en agua, grado de floculación, materia orgánica e índice de materia orgánica/limo + arcilla, en cultivos de maíz, cacao, pasto palma aceitera y bosque nativo, en diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, y recopilando, procesando toda información disponible y procesando estadísticamente toda la información disponible, llegaron a concluir que el bosque nativo con siembras en monocultivo modificaron las características físicas del suelo, sobre todo en la parte superficial; mientras que los monocultivos de maíz, cacao, pasto y palma aceitera,

han mostrado concentraciones mayores de arcilla en las primeras capas de profundidad del suelo, esto dificulta el normal movimiento vertical del agua, siendo el monocultivo de palma aceitera de cambios significativos, modificando la textura, y consiguientemente ha influido directamente en la densidad aparente y otras características.

Jaurixje et al. (2013) en la investigación a condiciones de Quibor – Estado Lara de Venezuela en fincas con cebolla, pasto, aguacate, ají dulce, barbecho y bosque en muestras tomadas a diferentes profundidades han determinado las propiedades físicas, tales como, la textura, densidad aparente, porosidad y conductividad eléctrica, y por el lado de propiedades químicas determinaron el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo y potasio, y relacionado a la biología del suelo tomaron en consideración la respiración basal y biomasa microbiana, y utilizando diseño completo al azar determinaron las propiedades físicas de densidad aparente, porosidad a nivel de macroporos y microporos, así como la textura mediante el método de Bouyoucos, llegando a concluir, que el manejo convencional del suelo deteriora las condiciones físicas.

2.1.2 A nivel nacional

Cotrina (2019) al investigar a través del diseño de bloques completos al azar acerca del uso de abonos orgánicos y su efecto sobre las propiedades de los suelos de tipo agrícola en Purupampa Panao, llegó determinar que existen suelos de textura arenosa; los resultados de aplicar el bocashi, compost, y gallinaza no presentaron efectos significativos estadísticamente a condiciones del lugar del ensayo experimental.

Pinzón Valverde, M.Y. (2018) informa que el objetivo de la investigación fue conocer las características físicas y químicas de los suelos de la Comunidad Campesina de Morrope de Lambayeque, utilizando el método de bouyoucos para textura, fiola para densidad real, pH y conductividad eléctrica en relación suelo agua 1:5,1:1 y extracto de saturación. El resultado después de recoger y analizar toda la información reportó texturas de predominancia franca (franco arenoso), pH alcalinos y conductividad eléctrica en su mayoría libres de sales.

Cardoso (2017) utilizando la metodología del Reglamento de clasificación de tierras DS N°017-2009-AG, y haciendo uso de los parámetros edáficos siguientes: pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad, drenaje, erosión hídrica, riesgos de anegamiento, fertilidad del suelo y parámetros climáticos, determinó la zona de vida, y como resultado clasificó los suelos en tierras aptas para cultivo limpio(A),tierras aptas para la producción de pastos (P),tierras aptas para la producción forestal(F),concluye afirmando que las tierras de Ahijadero Conchucos de Ancash en su mayor parte son aptas para la producción forestal.

Silva (2010) manifiesta que los suelos agrícolas estudiadas tuvo como objetivo principal determinar la textura, porosidad y compactación en 96 hectáreas, para lo cual se han tomado 60 sub muestras, establecidos con cultivos de pasto brachiaria, palma aceitera, frutales nativos, cacao, aguaje, arroz. Utilizó en la investigación los métodos del hidrómetro, probeta y otros. Los resultados debidamente procesados han permitido concluir que el 84.95 % de suelos de las áreas de cultivo de la

Universidad de Ucayali fueron de clase textural franco arenoso.

Yakabi (2014), analizando la fertilidad de los suelos en los andenes de la comunidad campesina de San Pedro de Laraos, no encontró diferencias significativas relacionados a la textura y densidad aparente entre las zonas en estudio, genéricamente enfatiza el predominio de suelos francos y densidad aparente superior al rango referente ideal de la clase textural, lo que indica la compactación del suelo. Por otra parte, al relacionar la textura del suelo y densidad aparente, afirma que cuanto más fina es la textura, menor es el valor de la densidad aparente.

2.1.3 A nivel regional y local

Para los antecedentes regionales y locales no existen tesis sobre el tema de investigación en nuestra Región de Apurímac.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Propiedades físicas de los suelos agrícolas

Zapata y Goytendia (1973) al referirse a las propiedades del perfil del suelo distingue en propiedades externas de información del lugar muestreado y otra de información general sobre el suelo; en cambio como propiedades internas consideró a la descripción de los horizontes individuales del suelo conformado por color, textura, estructura, consistencia, pH o reacción del suelo, carbonatos libres y límites entre los horizontes. También considera otros aspectos tales como el material madre, drenaje, grado de erosión, pedregosidad y rocosidad, profundidad efectiva, todo relacionado al manejo de suelos.

Rucks et al. (2004) indican que la capacidad de drenaje, almacenamiento de agua, rigidez, aireación, penetración de las raíces,

sostenimiento y retención de nutrientes están determinadas por las propiedades físicas de los suelos. En consecuencia, conocer sus propiedades permitirá comprender el desarrollo de las plantas.

Quispe (s.f) en la presentación sobre levantamiento de suelos con propósitos de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor aplicando el D.S. N° 17-2009-AG, tomó en consideración las características de los suelos materia de evaluación, consistente en características externas tales como: microrelieve, pendiente, rocosidad y pedregosidad, riesgos de anegamiento, erosión hídrica y vegetación, y como características internas que comprende a las características físicas: textura, estructura, porosidad, color del suelo, profundidad efectiva del suelo, fragmentos gruesos y drenaje.

Teniendo en consideración la información anterior y otras de fuentes confiables se ha definido que las propiedades físicas de los suelos para propósitos de la investigación son la textura, estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad, profundidad efectiva y color, por tanto, se presenta las bases teóricas disponibles que a continuación se detalla.

2.2.2 Textura de suelo

Hansen (1965) indica que las dimensiones de las partículas que constituyen un suelo determinan su textura, las mencionadas partículas pueden ser desde Arena fina a arcilla. Las que tienen un diámetro superior a 1mm se denominan Gravas, de 0.05 – 1.00mm Arenas, entre 0.002 - 0.005 mm limos y menores de 0.002 mm arcillas.

Sarmiento (1999) afirma que la clase textural está conformada por partículas de arena, limo y arcilla presentes en el suelo, con un diámetro

que oscila desde 2mm a menos de 0.002 mm.y considera importante por influir en la fertilidad, retención de agua, circulación del aire, contenido de materia orgánica, drenaje, y otras propiedades.

2.2.3 Estructura del suelo

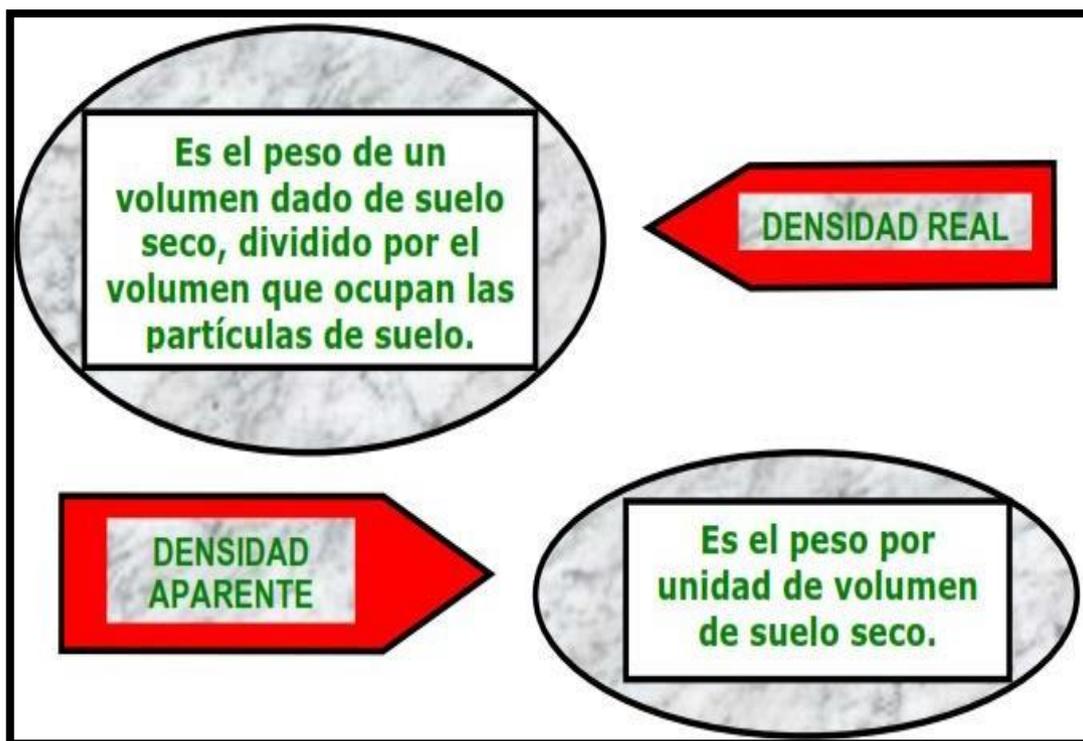
Susana. H. (2014), Porta (2006), Blackmore y Miller (1961), Baver (1973) describen a la estructura del suelo como la agrupación de partículas de arena, limo y arcilla llamados PED,también interviene la forma y tamaño de los agregados; en realidad es una propiedad edáfica que permite diferenciar del material geológico y al estar ordenado los granos de partículas producto de la interacción físico químico de los componentes presentes y materia orgánica,hacen de una característica en particular.

USDA (1951), diferencia las formas de estructura del suelo en granular, bloque, prismática,columnar y laminar, los mismos que se pueden ver en la figura N° 2, y de otra parte la figura N° 3 muestra los tipos de estructura, y de acuerdo al grado de desarrollo pueden ser, sin estructura, estructurado o en formación de agregados, desarrollo moderado o avanzado.

2.2.4 Densidad del suelo

Para tener una idea clara basta tomar un volumen de suelo natural a condiciones de campo,y al observar dicha porción se puede notar que está ocupado por simples partículas de manera sólida, el resto es agua y aire. En la imagen N° 01 se puede visualizar la densidad aparente y densidad real.

Imagen N° 01: Densidad aparente y real



Fuente: Propiedades físicas del suelo de Bayer L.D.

a) Densidad aparente

Donoso (1992) define como el peso seco de una unidad de volumen de suelo, y puede ser afectado por la textura, estructura y presencia de los factores que la afectan son principalmente tres: la textura, la estructura y materia orgánica. También afirma que existe una tendencia de que suelos de textura arenosa son de densidad mayor que suelos más finos, y existe una relación directa con la porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración. La unidad de medida de la densidad se expresa en g/cm^3 .

El cuadro N° 01 muestra la relación de densidad aparente y el crecimiento de raíces según textura de suelo.

Cuadro N° 01: Densidad aparente y el crecimiento de raíces

Textura de suelo	Densidad aparente ideal para el crecimiento de raíces (gr/cm ³)	Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (gr/cm ³)	Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (gr/cm ³)
Arenoso, franco arenoso	<1.6	1.69	>1.8
Franco arenoso, Franco	<1.4	1.63	>1.8
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	<1.4	1.6	>1.75
Limoso, franco limoso	<1.4	1.6	>1.75
Franco arcillo limoso	<1.4	1.55	>1.65
Arcillo arenoso, arcillo limoso, franco arcilloso	<1.1	1.49	>1.58
Arcilloso (>45% arcilla)	<1.1	1.39	>1.47

Fuente: Información y Servicios del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos -USDA (2015).

La densidad aparente del suelo a condiciones de campo consiste en extraer un volumen de suelo de forma cúbica o cilíndrica, luego la muestra extraída se seca al sol o en una estufa y se pesa. El proceso para la determinación va desde la limpieza de restos vegetales de la superficie del suelo hasta obtener el resultado correspondiente. Para la determinación de la densidad aparente por lo general se usa el método de cilindro y los resultados se obtienen mediante la aplicación de la relación siguiente:

Dónde: D_a : Densidad aparente m : Masa o peso de suelo
 vc : Volumen de cilindro

$$D_a = \frac{m}{vc}$$

b) Densidad real

Donoso (1992) hace referencia que la densidad real como la densidad de la totalidad de las partículas del suelo y se determina haciendo uso de la picnometría y el valor se halla tomando como base la masa y volumen de la muestra, y el resultado se expresa g/cm^3 .

En la determinación de la densidad real, el método picnómetro es el más usual, y en base a la información obtenida se procede a los cálculos correspondientes mediante la relación siguiente:

$$Dr = \frac{S}{V}$$

Donde:

Dr = Densidad

S = Peso seco de suelo

V = Volumen de agua destilada.

Reemplazando: $Dr = \frac{S}{S+A-(s+a)}$

Dónde:

D_r = Densidad real.

S= peso del suelo.

A= peso del agua.

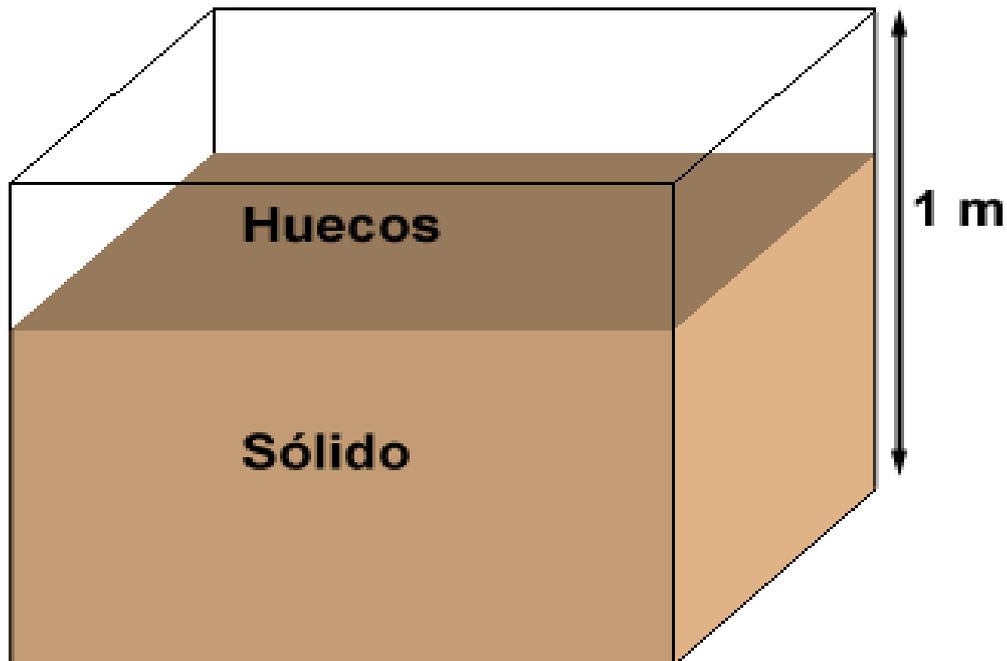
$s + a$ = peso de suelo y agua

2.2.5 Porosidad del suelo

Para Donoso (1992), la porosidad del suelo es el porcentaje de vacíos (huecos) existentes en relación al volumen total, y depende de la textura, estructura y la actividad biológica del suelo, por tanto, suelos con

elementos gruesos presentan poros gruesos, y poros pequeños en suelos limosos y arcillosos, y la presencia de materia orgánica favorece el incremento de la porosidad por lo que se consideran suelos coloidales, y cuando se quiera calcular la porosidad del suelo es importante tomar en consideración como base la información de la Imagen N° 02.

Imagen N° 02: Cálculo de porosidad del suelo.

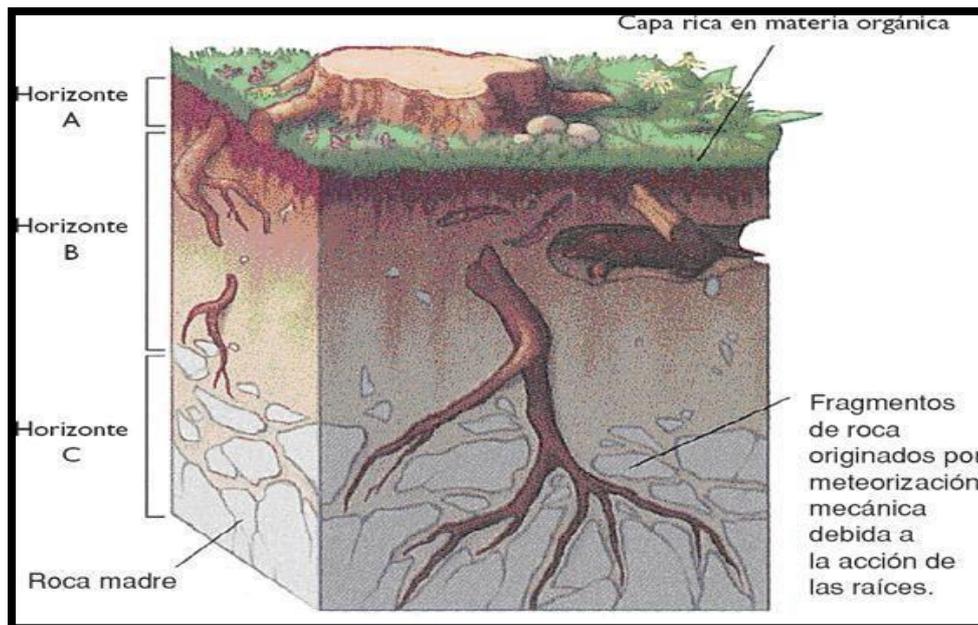


Fuente: Facultad de Ciencias-Área de Edafología y Química Agrícola.

2.2.6 Profundidad efectiva

León (2011), define como aquel espacio de penetración normal de las raíces de las plantas en busca de agua y nutrientes para su desarrollo. La imagen N° 03 ilustra la profundidad efectiva del suelo, en la misma que se puede visualizar la capa arable rica en materia orgánica, horizontes, roca madre y penetración profunda de las raíces, por lo que debe tratarse de una especie forestal.

Imagen N° 03: Profundidad efectiva del suelo.



Fuente: Edafología del suelo.

Suelos profundos son propicios para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas, esto debido a que tienen buena capacidad de retención del agua en cantidades necesarias, esto puede inclusive resistir sequías, también pueden aprovechar en condiciones ventajosas los nutrientes disponibles en el suelo porque las raíces pueden penetrar a mayor profundidad. Sin embargo, el avance de las raíces hacia las partes más profundas del suelo se ve limitado en los siguientes casos:

- Roca dura.
- Cascajo.
- Manto freático.

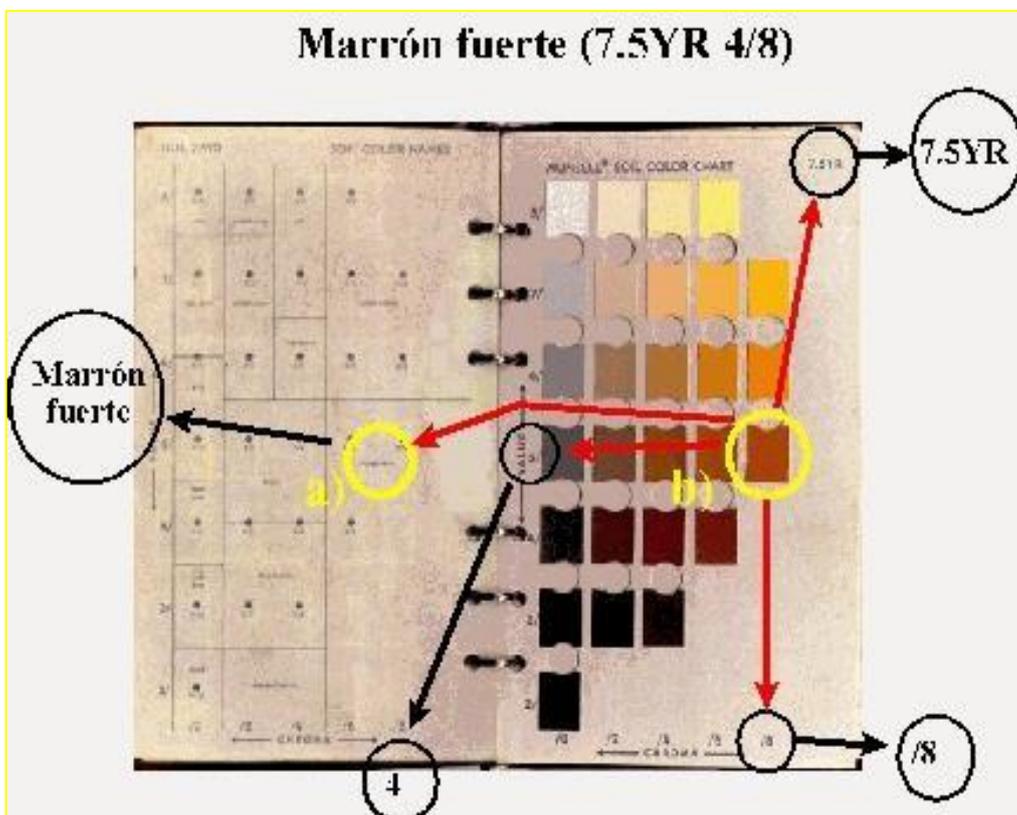
2.2.7 Color del suelo

Zapata y Goytendia (1973), define como una propiedad física del suelo, resultado del tipo y contenido de compuestos existentes en el suelo. Expresa una medida casi completa de otras características o cualidades más importantes, que no pueden observarse fácilmente y con tanta

precisión. La determinación de color de suelo se realiza en húmedo o en seco y en las condiciones de humedad del horizonte. En estudios de génesis y clasificación se utilizan ambos casos. Para la nomenclatura del color del suelo se utiliza un sistema complementario descrito en la tabla de colores de suelo Munsell.

En la imagen N° 04 se puede apreciar la tabla Munsell para la determinación de color, y en el cuadro N° 02 la interpretación del color del suelo.

Imagen N° 04: Tabla Munsell.



Fuente: Edafología.net.

Los suelos presentan diferentes colores de acuerdo a la complejidad en sus componentes y otras características, incluyendo el ambiental, de allí se pueden diferenciar como: suelos de color negro, rojo, amarillo a marrón amarillento claro, marrón, blanco o ausencia de color, gris, verde, azulado.

Cuadro N° 02: Interpretación del color del suelo.

Componente	Formula	Munsell	Color
Goetita	FeOOH	10YR 8/6	Amarillo
Goetita	FeOOH	7.5YR5/6	Marrón fuerte
Hermatita	Fe ₂ O ₃	SR 3/6	Rojo
Hermatita	Fe ₂ O ₃	10R 4/8	Rojo
Lepidocrocita	FeOOH	5YR 6/8	Amarillo rojizo
Lepidocrocita	FeOOH	2.5YR 4/6	Rojo
Ferrihidrita	Fe (OH) ₃	2.5YR 3/6	Rojo oscuro
Glauconita	K(SixAl _{4-x})(Al, Fe, Mg)O ₁₀ (OH	5Y 5/1	Gris oscuro
Maghernita	-Fe ₂ O ₃	2.5YR-5YR	Rojo
Sulfuro de hierro	FeS	10YR 2/1	Negro
Pirita	FeS ₂	10YR 2/1	Negro (metálico)
Jarosisita	K Fe ₃ (OH) ₆ (SO ₄) ₂	5Y 6/4	amarillo pálido
Humus		10YR 2/1	Negro
Calcita	CaCO ₃	10YR 8/2	Blanco
Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	10YR 8/2	Blanco
Yeso	CaSO ₄ .2H ₂ O	10YR 8/3	Marrón muy pálido
Cuarzo	SiO ₂	10YR 6/1	Gris claro

Fuente: USDA.

De acuerdo a las fuentes confiables, los valles interandinos de Apurímac comprendidos entre 2200 y 4000 msnm., predominan suelos de color castaño, marrón y marró claro.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Textura del suelo según su tamaño

Porta (2006). Además de la composición granulométrica de la fracción inorgánica del suelo, para dividir según su tamaño considera los siguientes aspectos:

- Clase textural.
- Las fracciones mecánicas de hasta 2 mm de diámetro constituyen a la textura, 7mm a gravas y mayores a piedras.
- La textura está compuesta de arena, limo y arcilla que se expresan en porcentajes respectivamente.
- La textura se obtiene utilizando el triángulo textural y los

resultados se expresa en términos porcentuales de arena, limo y arcilla.

También hace referencia, que los suelos son agrupados en arcillosos, limosos, arenosos y a los de composición equilibrada de arena, limo y arcilla lo denomina como suelos francos.

Cardus. (1962) hace de conocimiento que, desde el punto edáfico, según el tamaño de las partículas se puede distinguir.

- Elementos gruesos: diámetro hasta 2mm (arena y limo grueso), forman el esqueleto del suelo.
- Tierra fina: diámetro menor a 2mm (limo fino y arcilla) coloide edáfico.
- Los elementos gruesos juegan un papel muy importante en los aspectos hídricos y de textura, mientras que las tierras finas constituyen una función mucho más activa.

2.3.2 Escala de medidas de partículas del suelo

El cuadro N° 03 se muestra la escala de medidas de las partículas del suelo, ambas están expresadas en diámetro de las partículas por fracción de partículas del suelo.

Cuadro N° 03: Escala de medidas de partículas del suelo

ESCALA DEL U.S.D.A		ESCALA INTERNACIONAL	
Nombre de la fracción	Diámetro de las partículas (mm)	Nombre de la fracción	Diámetro de las partículas (mm)
Arena muy gruesa	de 2,0 a 1,0	I	2,0 a 0,2
Arena gruesa	1,0 a 0,5		
Arena media	0,5 a 0,25		
Arena fina	0,25 a 0,10	II	0,2 a 0,02
Arena muy fina	0,10 a 0,05		
Limo	0,05 a 0,002	III	0,02 a 0,002
Arcilla	Menos de 0,002	IV	Menos de 0,002

Fuente: “Cuaderno practico de Edafología. Kaplán, A. Rucks, L. y Telechea, L. AEA. Facultad de Agronomía”.

2.3.3 Determinación de la textura del suelo

La combinación de las fracciones de arena, limo y arcilla en los diferentes perfiles de los suelos forman las clases texturales y para determinar a partir de los resultados porcentuales se recurre al triángulo textural de la FAO (Imagen N° 05) que es la más importante y confiable en la determinación de la textura del suelo.

Imagen N° 05: Triángulo textural



Fuente: FAO.

Existen diferentes métodos para la determinación de la textura, pero la más principal es el método de Bouyoucos que tiene procedimiento definido, a continuación, veamos la información existente.

Dry cracked soil image by Melinda Nagy from fotolia.com (2011).

Sostiene, que una de las técnicas de fácil uso y rápido para determinar el tamaño de las partículas del suelo es el método del hidrómetro de Bouyoucos, esta técnica utiliza la muestra de suelo disperso y por sedimentación con mezcla de agua en probeta de vidrio y después de un tiempo previsto en el procedimiento se determina las proporciones de

partículas del suelo. Por otra parte, la Cátedra de edafología (UNCO, 2003) considera a la técnica de bouyoucos como método para la textura y análisis granulométrico en probeta de 1000 ml, adiciona además al agitador mecánico y densímetro.

Cuevas J. (2002). Menciona, que la determinación de estas fracciones del suelo se realiza a través de procedimientos analíticos (textura por bouyoucos), usando métodos mecánicos o granulométricos (juego de tamices), y el método práctico de campo por medio del tacto, los cuales se realizan en tierra fina seca al aire.

Kessel (2015) presenta la descripción del kit para análisis físico del suelo de procedencia USA, cuya característica del Agitador compacto para preparar muestra de suelo en agua para ensayos hidrométricos de acuerdo con las normas ASTM Y AASHTO.

- Potente motor universal de tres velocidades.
- Panel frontal de acero inoxidable.
- Cuchilla especial en forma de disco, de acero niquelado.
- Envase de dispersión, 44 reflectores fijos, montados paralelamente, fondo redondo.
- Dimensiones, 178 de ancho x 165 de profundidad x 508mm de alt.
- Peso, neto 7kg.

2.3.4 Clases de suelos y sus proporciones

Por otra parte, el cuadro N° 04 muestra las clases de suelos y sus proporciones para fines de riego por goteo, su aplicación es de suma importancia por tratarse del agua, recurso escaso en muchas partes del país y del mundo.

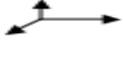
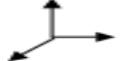
Cuadro N° 04: Clases de suelos y sus proporciones.

Clases de suelo	Proporciones en el suelo		
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Franco	Menos de 52	28-50	Jul-27
Franco limoso	Menos de 50	50 o más	17-27
Franco limoso	Menos de 50	80 o más	Menos de 12
Limoso	Menos de 20	80 o más	Menos de 12
Franco arcillo arenoso	45 o más	Menos de 28	20-35
Franco arcilloso	20-45		27-40
Franco arcillo limoso	Menos de 20		27-40
Arcillo arenoso	45 o más		35 o mas
Arcilloso limoso		40 o mas	40 o mas
Arcilloso	Menos de 45	Menos de 40	40 o mas
Arenoso	85 o más	% de limo, no más de 1½ partes de arcilla, no superior al 15%.	
Arenoso franco Límite superior	85-90	% de limo, más de 1½ partes de arcilla, menor que el 15%.	
Límite inferior	70-85	% de limo, más 2 partes de arcilla, no superior al 30%.	
Franco arenoso	52 o más	% de limo, no más de 2 partes de arcilla, menor que el 30% y 20% de arcilla como máximo.	
Franco arenoso	43-52	Menor que el 70% de arcilla y menor que el 50% de limo.	

Fuente: Rodríguez Suppo. F. "Riego por goteo". AGT. Editor S.R.

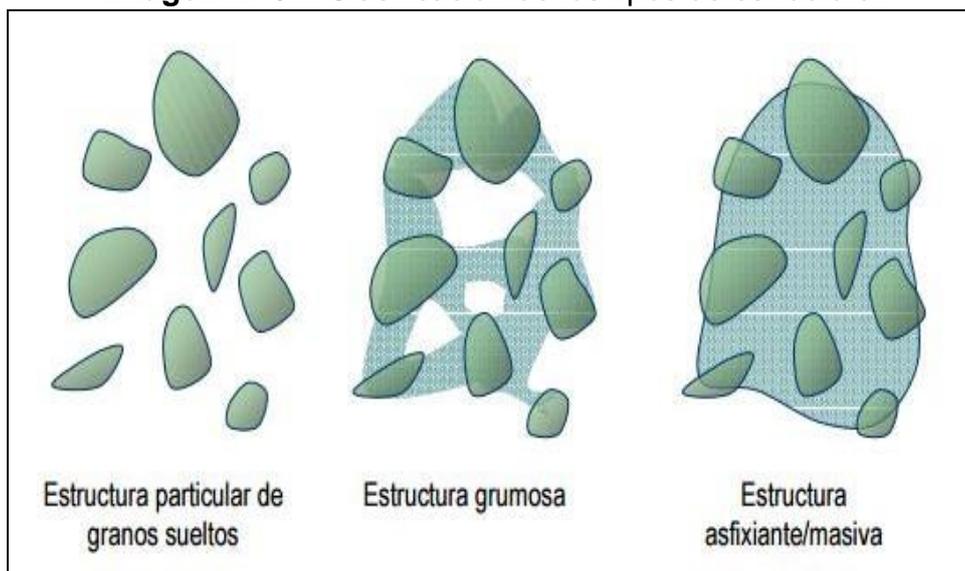
2.3.5 Formas y tipos de estructura del suelo

Imagen N° 06: Formas de estructura del suelo.

	 <p>LAMINAR Característica de materiales depositados por el agua (como ocurre en llanuras de inundación). Está originada por el impacto de las gotas de lluvia sobre las costras superficiales. Impide la penetración de las raíces, así como el intercambio de aire entre suelo y atmósfera o la infiltración del agua.</p>	
	 <p>PRISMÁTICA Característica de horizontes enriquecidos en arcilla (Bt). Las superficies de debilidad coinciden con las grietas de retracción que se producen tras la desecación. Los agregados son muy duros y las raíces tienen una gran dificultad para penetrar en ellos.</p>	 <p>COLUMNAR Prismas con su parte superior redondeada. Es una estructura típica de horizontes arcillosos enriquecidos en sales (Bt_{na}), muy rara en España, salvo en zonas concretas.</p>
	 <p>POLIÉDRICA ANGULAR Agregados poliédricos, con superficies planas de aristas marcadas y con vértices patentes. Las caras del agregado se ajustan muy bien a las de agregado vecino. Es una estructura típica de horizontes cámbicos (Bw).</p>	 <p>POLIÉDRICA SUBANGULAR Agregados poliédricos con superficies no muy planas, con aristas romas y sin vértices. Las caras del agregado se ajustan poco a las de los agregados vecinos. Es un tipo de estructura frecuente en horizontes A ócricos y horizontes cámbicos (Bw) o cálcicos de suelos áridos o semiáridos.</p>
	 <p>GRANULAR Agregados poco porosos, con poros distribuidos no homogéneamente por su superficie, que no se ajustan a los agregados vecinos. Estructura propia de medios biológicamente activos, ricos en bases y con materia orgánica. Típica de horizontes superficiales.</p>	 <p>MIGAJOSA Agregados porosos, con los poros distribuidos de manera homogénea por su superficie, que no se ajustan a los agregados vecinos. Es característica de horizontes ricos en materia orgánica bien humificada. Típica de horizontes superficiales.</p>

Fuente: USDA.

Imagen N° 07: Clasificación de los tipos de estructura.



Fuente: Edafología del suelo.

2.3.6 Clasificación de suelos

Para la clasificación de suelos de acuerdo al porcentaje de porosidad existen escalas de clasificación, como el de Kaurichev (1984) del cuadro N° 05.

Cuadro N° 05: Clasificación del suelo según porosidad.

POROSIDAD TOTAL (%)	CLASIFICACIÓN
> 70	Excesiva
55 – 70	Excelente
50 – 55	Satisfactoria
40 – 50	Baja
< 40	Muy Baja

Fuente: Kaurichev (1984).

Por otra parte, también existe la escala de clasificación de suelos establecida por la FAO (Cuadro N° 06), que es la más utilizada, la misma que permite ubicar la escala de clasificación correspondiente.

Cuadro N° 06: Porosidad según la FAO.

POROSIDAD TOTAL (%)	CLASIFICACION
> 2	Muy Baja
2 – 5	Baja
5 – 15	Media
15 – 40	Alta
> 40	Muy alta

Fuente: FAO (2009).

2.3.7 Profundidad del suelo

De acuerdo a la profundidad efectiva y con fines de planificación, los suelos pueden clasificarse en cuatro grupos siguientes:

- Suelos profundos mayores a 1 m.
- Moderadamente profundos.
- Suelos poco profundos.
- Suelos someros.

Por otro lado, fuentes confiables recomiendan una profundidad mínima de 0.60 m para cultivos comerciales, la determinación se puede efectuar abriendo un perfil a un metro de profundidad o haciendo uso de un barreno o sonda de suelos. Para este caso, es importante tener en consideración la descripción y clasificación de los suelos de la FAO porque considera solo la parte superficial (1m), siempre y cuando la roca madre no aflora antes. Deno cumplirse con la consideración señalada, la opción es la USDA Soil Taxonomy que considera desde horizontes con 2 metros de profundidad. Existe escalas de rangos de profundidad (Cuadro N° 07) de la FAO y USDA para clasificar los suelos, y por ser de utilidad para la investigación se tomó en consideración esta herramienta importante.

Cuadro N° 07: Rango de profundidad.

CLASIFICACIÓN	RANGO DE PROFUNDIDAD (cm)	
	(FAO) Storie	USDA
Somero	0	Menos de 15
Muy superficial	Menos de 30	15 – 25
Superficial	30- 60	25 – 50
Moderadamente profundo	60- 90	50 – 100
Profundo	90 – 120	100 – 150
Muy profundo	Más de 120	Más de 150

Fuente: FAO and USDA (2011).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación

3.1.1 Ubicación geográfica

La extensión de la investigación está comprendida en las coordenadas UTM 722428 N y 8488973 E al sur de los andes peruanos, entre las cordilleras oriental y occidental, a una altura de 1,753 metros sobre el nivel del mar a orillas del río Pachachaca, afluente del río Apurímac. Se encuentra en la cuadrícula 18L de la zona 18 Sur del esferoide. En las imágenes N° 08 y 09, se puede visualizar la ubicación del lugar de la investigación, y más específica en la vista satelital que muestra la imagen N° 10.

Imagen N° 08: Mapa geográfico de Apurímac.



Fuente: Perutoptours. com

Imagen N° 09: Ubicación del estudio.



Fuente: perutoptours.com

Imagen N° 10: Área de estudio.



Fuente: Google Earth.

3.1.2 Ubicación política

- Región : Apurímac.
- Provincia : Abancay.
- Distrito : Pichirhua.
- Localidad : Fundo Santo Tomás

Políticamente, el Centro de Investigación y Producción Santo Tomas se encuentra ubicada dentro de la jurisdicción territorial del distrito de Pichirhua perteneciente a la Provincia de Abancay de la Región Apurímac, todo ello en la soberanía territorial de la República del Perú, y al oeste del río Pachachaca, y zona de vida de Bosque Seco Espinoso, Sub Tropical, con temperatura media de 18.1°C, precipitación anual de 500 – 600 mm, 1800 msnm y humedad relativa de 45 a 55%, los mismos que caracterizan un clima cálido a templado con noches frescas.

3.2 Materiales

3.2.1 Materiales y equipos de gabinete

- Computadora con programas instalados de Microsoft office.
- Google Earth, Corel Draw, Adobe, Photoshop, AutoCAD 2015.
- Impresora y USB.
- Calculadora científica.
- Útiles de escritorio.
- Libros, manuales, Separatas, Internet y Compendios.
- Mapas físicos de la Nación.
- Vista satelital

3.2.2 Materiales y equipos de campo

- Libreta de campo
- Lapicero
- Pala para muestreo
- Plástico de mezclado
- Balde grande
- Bolsas de polietileno

- Cartulina
- Cinta adhesiva
- GPS

3.2.3 Materiales de laboratorio

- Mortero de porcelana.
- Tamizadores de suelos.
- Probetas graduadas o cilindros de 1000 ml.
- Pipetas de vidrio.
- Agitador de goma.
- Escobillones de limpieza de las probetas.
- Termómetro.
- Mesa de trabajo.

3.2.4 Reactivos e insumos

- Sodium hexametaphosphate (Hexametafosfato de sodio o calgon).
- Alcohol amílico.
- Muestra de suelo.
- Agua destilada.
- Desionizador.

3.2.5 Información cartográfica y satelital

Las vistas satelitales a las que se recurrió fueron los mapas geográficos nacionales, los servidores Google Maps, base cartográfica del proyecto la data del sistema de coordenadas planas de Proyección Marcador (UTM), referida a la zona 18 y utilizando System WGS84 (Sistema Geodésico Mundial).

3.3 Método

La investigación es de ruta y enfoque cuantitativo y cualitativo (Hernández y Mendoza,2018),esto debido a que en el primer caso los resultados se expresan mediante números, mientras que en el enfoque cualitativo se observa tal como se presenta en la naturaleza, el mismo que se aplicó en la evaluación de la estructura y color del suelo, y el método principal es el inductivo porque partiendo de las muestras se caracterizó cada una de ellas y luego generalizar los resultados de las parcelas a las zonas de estudio. Los métodos utilizados para caracterizar y determinar cada propiedad se pueden observarse en los ítems que se describen par cada una de ellas.

3.3.1 Determinación de la textura

Materiales:

- Agitador mecánico de bouyoucos.
- Hidrómetro de bouyoucos.
- Termómetro.
- Balanza electrónica.
- Paleta agitadora.
- Probeta de 100ml.
- Probeta de 1000ml.
- Envase de porcelana para pesar la muestra de suelo.
- Cuchara medidora.
- Frasco lavador.
- Mortero.
- Tamiz.
- Cronómetro.

Reactivos e insumos.

- Sodium hexametaphosphate (Hexametafosfato de sodio o calgon).
- Alcohol amílico.
- Muestra de suelo.
- Agua destilada.
- Desionizador

Método Bouyoucos

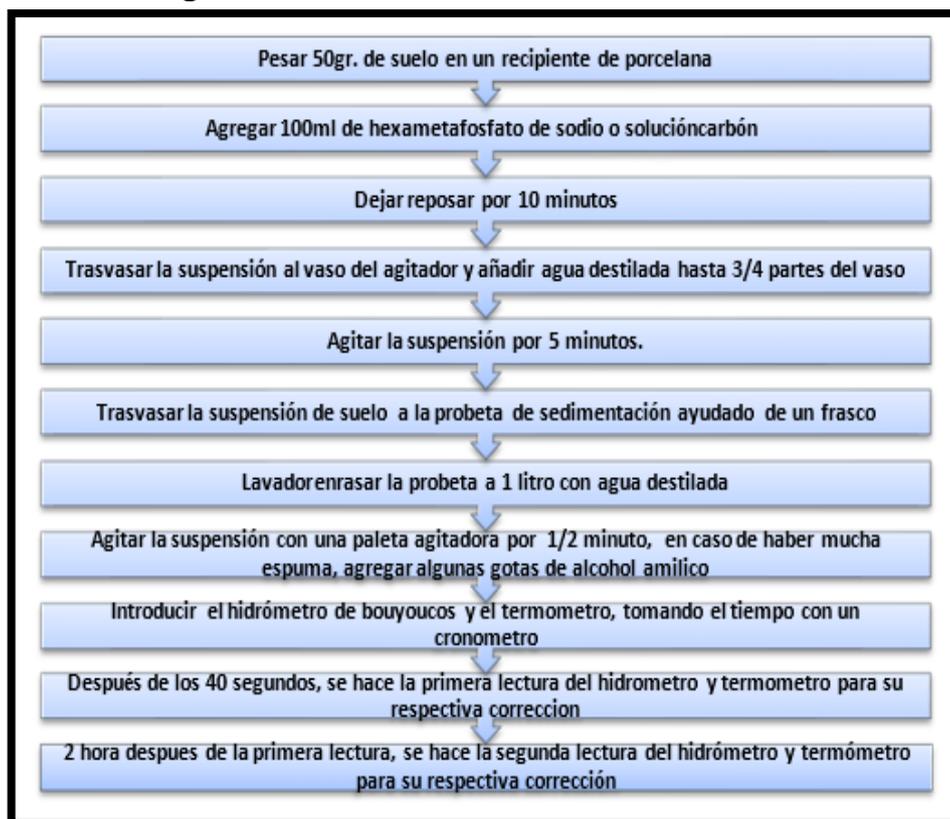
La determinación de la textura se hizo siguiendo el flujo del proceso utilizado por la Universidad Politécnica de Valencia-Facultad de Agronomía, el mismo que se puede ver en la imagen N° 11. Igualmente, la figura N° 12 el procedimiento para el análisis de textura del suelo.

Imagen N° 11: Flujo del proceso de análisis de textura de suelos por el método Bouyoucos.



Fuente: Universidad Politécnica de Valencia-Facultad de Agronomía

Imagen N° 12: Procedimiento de análisis del suelo.



Fuente: Flores et al., (2022).

3.3.2 Determinación de estructura

El método comparativo es el más difundido por la ciencia del suelo (edafología), para lo cual se utiliza calicatas o catas que permite efectuar la prospección de un terreno. Las calicatas aperturadas mediante el uso de pico y pala para propósitos del estudio se ejecutó en la forma que sigue:

- Se determinó el terreno para apertura de la calicata.
- Dimensionamiento del área a excavar de 1.50m x 1.50m x 1.00m.
- Excavación del área dimensionada.
- Se determinó la profundidad y luego se observó el nivel de penetración de la raíz, y al presentarse terrones se disolvió en un vaso.

3.3.3 Densidad

a) Densidad aparente del suelo Método del cilindro Materiales

- Un cilindro de medidas conocidas.
- Un martillo.
- Un cuchillo.
- Un pico.
- Una pala.
- Una bolsa plástica.
- Libreta de anotes.
- Lapicero.

Procedimiento:

1. Regar el área a muestrear a capacidad de campo.
2. Limpiar el área a muestrear, quitando toda la materia orgánica de la parte superficial.
3. Colocar el cilindro y con golpes suaves introducir el cilindro hasta el nivel del suelo.
4. Ayudado de un pico escarbar los laterales del cilindro con la intención de facilitar la extracción del cilindro.
5. Ayudados de un cuchillo enrazar la parte superior y posterior del cilindro.
6. Vaciar la porción de suelo del cilindro en una bolsa.
7. Sellar y rotular para enviar al laboratorio.
8. Vaciar la muestra en un frasco de vidrio y secar en estufa a 105°C por un espacio de 48 horas y luego pesar.
9. Realizar los cálculos, utilizando la fórmula del ítem 2.3.3 de

densidad aparente

b) Densidad real

Método del picnómetro

Materiales

- Picnómetro de 25ml.
- 5gr. de suelo seco.
- Balanza.
- Agua.
- Libreta de apuntes.
- Lapicero.

Procedimiento:

1. Pesar el picnómetro.
2. Llenar el picnómetro con agua y pesar.
3. Vaciar el agua del picnómetro hasta la mitad, luego verter 5gr. De suelo en el picnómetro y rebasar hasta el límite con agua. Registrar los datos y realizar los cálculos e interpretación en base a la relación del ítem 2.3.4 de densidad real.

3.3.4 Porosidad del suelo

La proporción de la porosidad total del suelo se realizó tomando como base la densidad aparente (d_a) de un metro cúbico de suelo, volumen ocupado ($d_a/d_r \text{ m}^3$), y volumen de poros por metro cúbico de suelo $(1 - d_a/d_r) \text{ m}^3$. El resultado de la determinación del porcentaje de porosidad se expresó mediante el uso de la relación que aparece en el Ítem 2.3.5 de Porosidad.

3.3.5 Determinación de la profundidad efectiva

La determinación de la profundidad efectiva de suelos por lo general se realiza utilizando una pala recta, el uso de estos instrumentos tienen limitaciones, por lo que para propósitos de la investigación en áreas delimitadas en zonas y parcelas se han procedido de la siguiente manera:

- En cada calicata se observó la profundidad de penetración de las raíces de las plantas cultivadas.
- Se procedió a medir la profundidad efectiva haciendo uso de una wincha de 5 m.
- Se registró los datos de la medición de profundidad de cada calicata.

3.3.6 Determinación del color de suelo

El color de las muestras de suelo se determinó en condiciones de seco y húmedo, identificando el aspecto físico (agregado de suelo separado, friccionado, triturado y alisado), en la descripción se utilizó dos parámetros:

- a) El color de tabla Munsell y
- b) La notación Munsell

3.4 Tipo de investigación

Es no experimental, por limitarse a observar y medir las características de las propiedades físicas a partir de muestras obtenidas de las parcelas de cada zona materia de estudio.

3.5 Nivel de investigación

Es descriptivo porque determina y analiza las características de las propiedades físicas de los suelos agrícolas en el lugar del estudio, este

conocimiento de las clases texturales y otras consideraciones analizadas es de utilidad para la planificación y uso racional del recurso suelo de aptitud agrícola.

3.6 Diseño de investigación

Dada que la investigación fue de nivel o alcance descriptivo, y de corte transversal por recoger los datos en un solo momento y espacio, luego analizar a condiciones de laboratorio a partir de las muestras obtenidas de cada parcela en cada zona de las áreas agrícolas del Centro de investigación y producción Santo Tomás, tal acción se llevó a cabo en las siguientes etapas

a. Planificación

- Identificación del emplazamiento del estudio.
- Identificación de los objetivos.
- Implementación de metodologías para la ejecución de objetivos.

b. Ejecución en campo

- Trabajos preliminares y coordinación con los responsables del CIP Santo Tomás.
- Reconocimiento del área de estudio.
- Determinación de áreas y sectores involucrados en el estudio.
- Identificación de la problemática.
- Levantamiento de información del área agrícola.
- Levantamiento de información de la Incidencia de Especies Vegetales cultivadas.
- Muestreos de suelos
- Levantamiento de información geográfica.

c. Trabajo de gabinete

- Síntesis y procesamiento de información.
- Realización de procedimientos para la obtención de resultados de los objetivos planteados en la tesis.
- Geo - Procesamiento de información en base a puntos GPS.

3.7 Operacionalización de variables

Cuadro N° 08: Operacionalización de variables

Variables	Indicador	Unidad de medida
Variable de caracterización		
• Textura	Arena Arcilla Limo	% % %
• Estructura	granular, migajón	Formas
• Densidad aparente	Masa o peso de suelo Volumen de cilindro	gr Cm ³
• Densidad real	Peso de suelo Peso del agua Peso de suelo y agua	gr. gr. Gr/ml
• Porosidad	Densidad aparente Densidad real	gr/cm ³ gr/ml
• Profundidad efectiva	Rango de profundidad	cm.
• Color de suelo	Negro, marrón,	Color
Variable de interés		
• Propiedad física del suelo		

Fuente: Flores *et al.*, (2022).

3.8 Población, muestra y muestreo

3.8.1 Población

Se consideró como población a las parcelas agrícolas de una extensión es de 22.31 hectáreas que en términos porcentuales es del 6.97% del total de la superficie de 320 hectáreas, que en forma desagregada se aprecia en el cuadro N° 09.

Cuadro N° 09: Áreas del Fundo Santo Tomás

COMPONENTES	AREAS (Has)	%
Área bajo riego	22.31	6.97%
Área en seco	40.00	12.50%
Terreno eriazo	52.70	16.47%
Pastos naturales	200.00	62.50%
Construcciones e instalaciones	0.25	0.08%
Carretera estatal	4.74	1.48%
TOTAL	320.00	100.00%

Fuente: Plan De Desarrollo del Centro de Investigación y Producción Santo Tomás – UTEA –Abancay.

3.8.2 Muestra

Las muestras para la investigación son no probabilísticas, pero la obtención de la muestra se hizo al azar, esto debido a la naturaleza de la investigación y particularidades que presenta el ámbito de estudio, por lo que se procedió en función a la identificación y delimitación por zonas y parcelas, que, en buena cuenta, es una muestra por parcela y haciendo un total de 20 muestras, cuya ubicación en coordenadas UTM puede observarse en el cuadro N° 10.

Cuadro N° 10: Parcelas muestreadas del Centro del área de estudio.

ZONA ALTA			
PARCELA	ZONA 18L E	ZONA 18L S	msnm
1	722,025.70	8,488,854.20	1,856.00
2	721,966.72	8,488,836.13	1,865.00
3	721,971.49	8,488,905.42	1,862.00
4	722,079.70	8,488,757.78	1,850.00
5	722,152.47	8,489,029.47	1,838.00
6	722,233.60	8,489,171.56	1,817.00
7	722,212.55	8,489,261.49	1,816.00
ZONA MEDIA			
PARCELA	ZONA 18L E	ZONA 18L S	msnm
1	722,420.55	8,489,141.36	1,767.00
2	722,441.80	8,489,118.92	1,767.00
3	722,467.97	8,489,098.87	1,766.80
4	722,490.46	8,489,077.86	1,767.00

5	722,510.37	8,489,000.31	1,779.00
6	722,618.97	8,488,962.69	1,773.00
ZONA BAJA			
PARCELA	ZONA 18L E	ZONA 18L S	msnm
1	722,488.84	8,489,168.39	1,763.00
2	722,665.48	8,489,075.72	1,764.00
3	722,726.48	8,489,028.60	1,764.00
4	722,759.38	8,488,981.50	1,764.00
5	722,822.23	8,488,906.76	1,765.00
6	722,821.04	8,488,904.43	1,764.00
7	722,865.70	8,488,870.66	1,764.00

Fuente: Flores et al., (2022).

Las muestras se han obtenido utilizando los siguientes materiales:

- Imagen satelital del CIP Santo Tomas
- Machete
- Barreno,
- pala recta
- Cuchillo
- Balde
- Bolsas plásticas
- Marcadores
- Hojas para identificar la(s) muestra(s).

3.8.3 Muestreo

En la práctica el muestreo de suelo se realiza antes de la siembra, y el recojo de las muestras para el estudio se hizo de acuerdo a las recomendaciones técnicas que existe paracasos de estudios de suelos con fines agrícolas.

La preparación de la muestra consistió en el secado de las muestras, y tamizado utilizandoun tamizador de 2mm.de diámetro con la finalidad de separar partículas menores a 2mm. En cada luego se ha seguido el

procedimiento siguiente:

- Abrir un hoyo en forma de V con dimensiones de 0.25 cm de largo X 0.25 cm de ancho y 0.25 cm de profundidad con la ayuda de una pala
- Extraer el suelo en forma de prisma de 3 cm de grosor y posteriormente el suelo extraído se corta en un tamaño de 5 cm por el ancho del largo del prisma, la parte media de la pala, descartando los bordes laterales haciendo uso de la espátula, de esta manera en cada caso se obtuvo un peso aproximado de 200 g. de submuestra.
- Posteriormente se depositó dentro del balde para ser mezclada con las otras submuestras.
- Al utilizar la pala se ha tenido cuidado que la cantidad de tierra obtenida en cada punto de muestreo sean representativas a las áreas muestreadas
- Una vez realizada las colectas de las submuestras, se procedió a mezclar dentro de un saco, posteriormente de haber realizado la homogenización de la muestraseleccionada, se obtuvo una cantidad pequeña de tierra por el método del cuarteo hasta obtener 1000 g. Esta porción fue llenada en una bolsa plástica con su respectiva rotulación para luego ser llevada al laboratorio.

3.9 Técnicas e instrumentos

La técnica de campo utilizada fue la observación y como instrumento de recolección de datos fue el registro de observación de las variables materia de estudio, y como informantes actuaron los integrantes de la investigación de las propiedades físicas de los suelos.

3.10 Procesamiento estadístico

Toda la información técnica recopilada en las etapas de gabinete que comprendió desde la obtención de información básica a través de la revisión bibliográfica hasta las recopiladas en la etapa de trabajo de campo, debidamente consolidadas y analizadas fue procesada mediante el uso del software Word y Excel.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1 Identificación y delimitación de áreas agrícolas del centro de Investigación y Producción Santo Tomás del distrito Pichirhua de Abancay

La superficie total del Centro de Investigación y Producción Santo Tomás es de 320 hectáreas, los mismos que están conformados por áreas de terreno bajo riego, áreas en secano, terrenos eriazos, pastos naturales, entre otros usos.

Las 22.31 hectáreas de áreas bajo riego se ha identificado y delimitado en tres zonas, alta, media y baja, estas pueden ser visualizadas en el cuadro N° 11 y vista satelital imagen N° 13.

Cuadro N° 11: Zonas y parcelas de investigación

Zona	N° de parcelas	Color de numeración de parcelas
Alta	7	Rojo
Media	6	Amarillo
Baja	7	Blanco
Total	20	

Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 13: Zonas y parcelas de investigación.



Fuente: Adaptado de Google Earth.

4.1.2 Muestras por zona y parcela

La descripción de las muestras materia de estudio se procedió con la prospección general de toda el área de terreno, como resultado para propósitos de la investigación se determinó solamente las áreas de terreno bajo riego de una extensión de 22.31 hectáreas.

Definida las áreas de terreno para la investigación y obtención de las muestras se delimitó en zonas y parcelas, teniendo en consideración una muestra por parcela lo que hace un total de 20 muestras por el total de las zonas, las mismas que se pueden observar en el cuadro N° 12 y con mayor detalle en el anexo N° 01 que reporta información de muestras de parcelas por zonas y para propósitos de determinación del color de suelo y otros relacionados a la investigación.

Cuadro N° 12: Muestras de suelo por zona y parcela.

Zona	Muestras/Parcela	Total muestras/zona
Alta	1	7
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
Media	1	6
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
Baja	1	7
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
Total		20

Fuente: Flores et al., (2022).

4.1.3 Resultados de la descripción de las propiedades físicas de los suelos agrícolas

Los resultados de la evaluación de las propiedades físicas de los suelos se han determinado usando las metodologías aplicables para cada caso, cuyos resultados se pueden ver en los siguientes ítems.

1) Textura

La textura de los suelos agrícolas se ha determinado según zonas de estudio delimitadas y muestras de parcelas. El resultado del análisis textural se presenta en primer lugar la zona alta, luego la zona media y baja, a continuación, véase cada una de ellas.

a) Textura de parcelas de la zona alta

El procedimiento para la determinación de la clase textural de la

primera parcela(muestra N° 1) de la zona alta se partió de los datos que reporta la muestra N° 1. Igualmente, se procedió para el resto de las muestras, cuyos resultados se pueden observar en el anexo N° 4.

Muestra N°1

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 20°C.
- 1° Lectura = 23
- 2° Lectura = 17
- 1° Lectura corregida = $23 + 0.0 = 23$
- 2° Lectura corregida = $17 + 0.0 = 17$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (23/50 \times 100) = 54 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (17/50 \times 100) = 34 \%$$

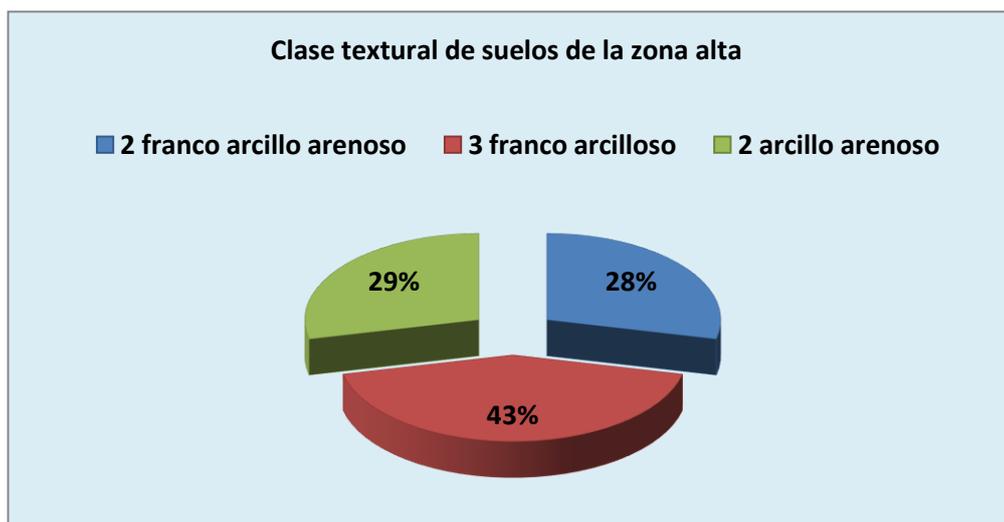
$$\% \text{ Limo} = 100 - (54\% + 34\%) = 12\%$$

Interpretación: Los resultados obtenidos del análisis y cálculos de la muestra 1 de la primera parcela, muestra un 54 % de arena, 34 % de arcilla y 12 % de limo, y haciendo uso del triángulo textural (gráfico N° 01), se determinó que se trata de un suelo de textura franco **arcillo arenosa**.

Las imagen N° 14 reporta el porcentaje de clases texturales de suelos de la zona alta.

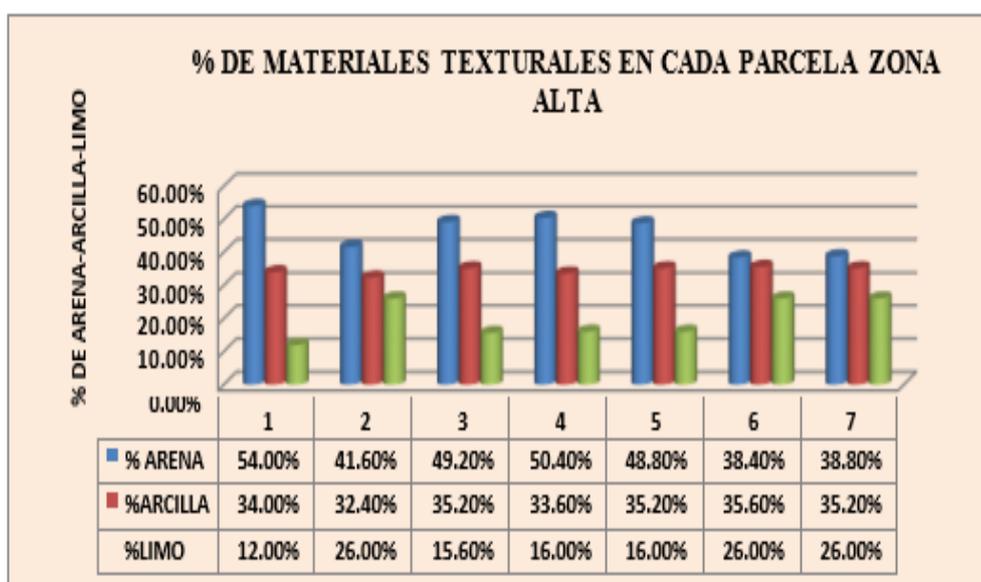
Determinadas según el análisis y aplicación del triángulo textural, por otro lado, en la grafico N° 02 se puede visualizar los resultados del porcentaje de distribución de las partículas por cada una de las muestras por parcela de la zona alta.

Gráfico N° 01: Clase textural de suelos de la zona alta.



Fuente: Flores et al., (2022).

Gráfico N° 02: Distribución de partículas en porcentaje por parcelas de la zona alta.

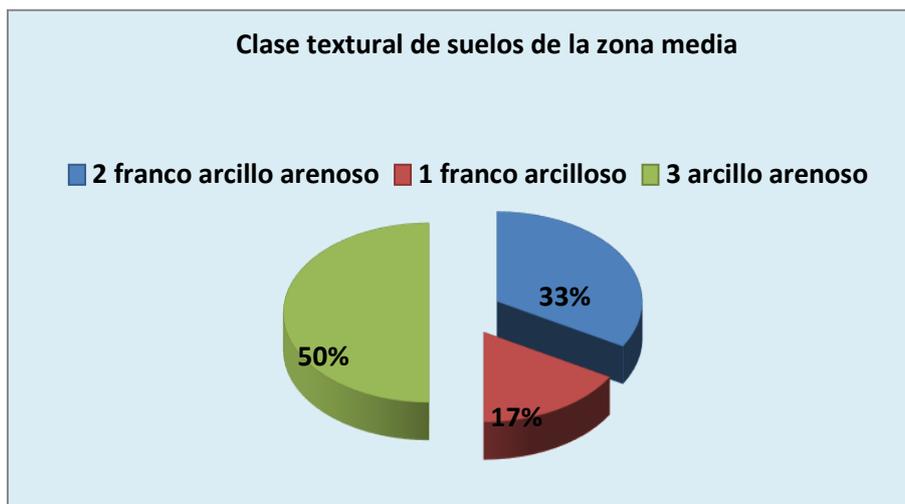


Fuente: Flores et al., (2022).

b) Textura de parcelas de la zona media

El análisis y los cálculos del porcentaje de arena, arcilla y limo se han efectuado de igual forma que la zona. La gráfico N° 03 muestra clases texturales de franco arcillo arenoso, franco arcilloso y arcilla arenoso, y la gráfico N° 04 presenta los resultados de la información procesada por muestras de las parcelas de la zona media.

Gráfico N° 03: Clase textural de suelos de la zona media.



Fuente: Flores et al., (2022).

Gráfico N° 04: Distribución porcentual de partículas de suelos de la zona media

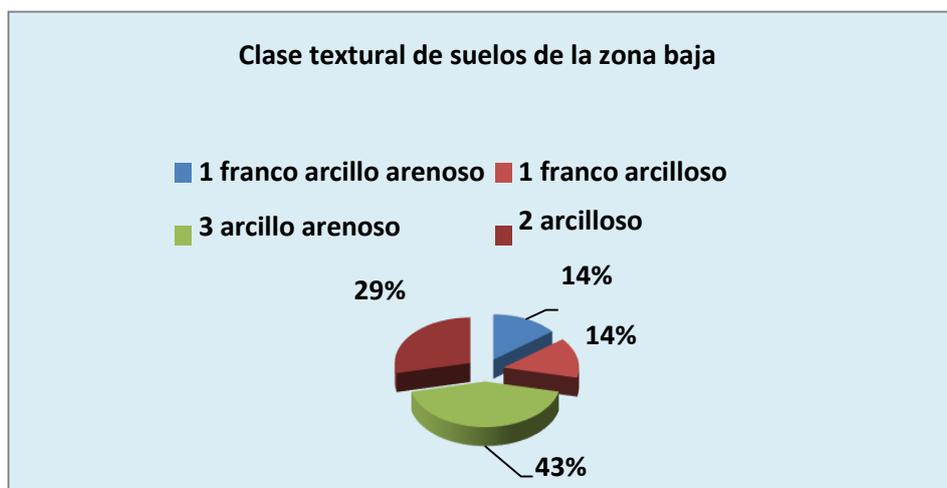


Fuente: Flores et al., (2022).

c) Textura de parcelas de la zona baja

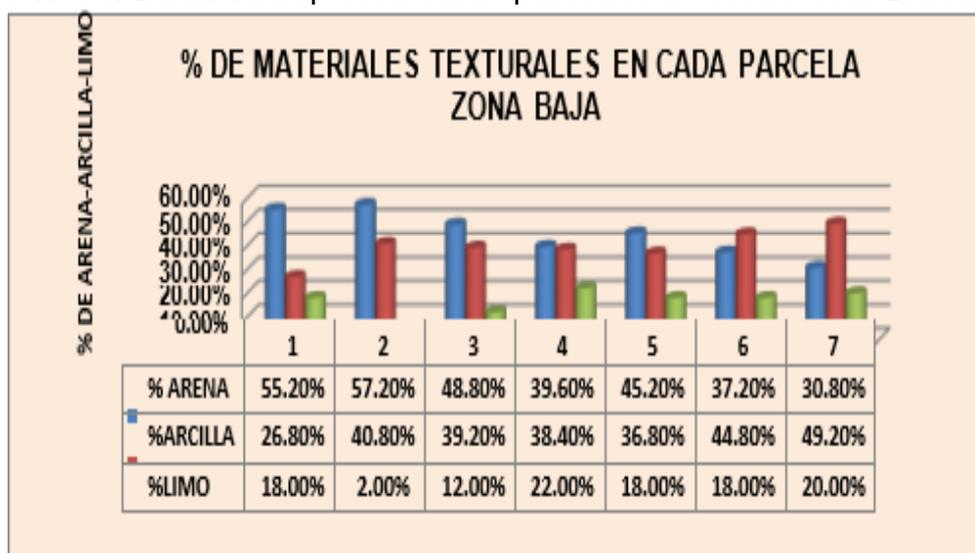
De acuerdo a la información de la grafico N° 05 existen en la zona baja suelos de predominancia arcillo arenoso, siguen los francos arcillosos, franco arcillo arenoso y arcillo arenoso. De otra parte, la grafico N° 06 reporta la distribución proporcional de componentes de la textura correspondiente a la zona baja, y se puede notar la mayor proporción porcentual de arena y arcilla.

Gráfico N° 05: Clase textural de suelos de la zona baja.



Fuente: Flores et al., (2022).

Gráfico N° 06: Distribución porcentual de partículas de suelos de la zona baja.



Fuente: Flores et al., (2022).

d) Clasificación textural de suelos de muestras por parcelas y zonas.

Los cuadros N° 13,14 y 15 presentan la clase textural de suelos de cada muestra por parcela y zonas estudiadas, como podrá apreciarse existen diversas texturas por cada zona. En cambio, en la grafico N° 07 se puede ver las clases texturales de suelos de toda el área de estudio, esto es solamente de terrenos bajo riego.

Cuadro N° 13: Resultados de textura de suelos agrícolas de la zona alta

Zona	Muestra/parcela	%			Textura
		Arena	Arcilla	Limo	
Alta	1	54	34	12	Franco arcillo arenosa.
	2	41.6	32.4	26	Franco arcillosa.
	3	49.2	35.2	15.6	Arcillo arenosa.
	4	50.4	33.6	16	Franco arcillo arenoso.
	5	48.8	35.2	16	Arcillo arenoso.
	6	38.4	35.6	26	Franco arcilloso.
	7	38.8	35.2	26	Franco arcilloso.

Fuente: Flores et al., (2022).

Cuadro N° 14: Resultados de textura de suelos agrícolas de la zona media

Zona	Muestra/Parcela	%			Textura
		Arena	Arcilla	Limo	
Media	1	53.6	34.4	12	Arcillo arenoso.
	2	53.6	34.4	12	Arcillo arenosa.
	3	48	34	18	Franco arcillo arenosa.
	4	55.2	34.8	10	Franco arcillo arenosa.
	5	40	38	22	Franco arcillosa
	6	49.6	36.4	14	Arcillo arenosa.

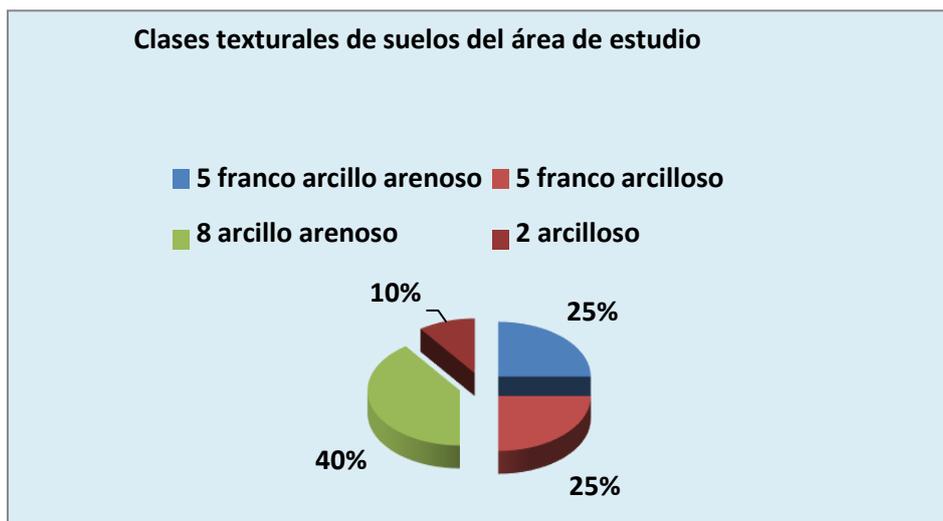
Fuente: Flores et al., (2022).

Cuadro N° 15: Resultados de textura de suelos agrícolas de la zona baja

Zona	Muestra/Parcela	%			Textura
		Arena	Arcilla	Limo	
Baja	1	55.2	26.8	18	Franco arcillo arenosa.
	2	57.2	40.8	2	Arcillo arenosa.
	3	48.8	39.2	12	Arcillo arenosa.
	4	39.6	38.4	22	Franco arcillosa
	5	45.2	36.8	18	Arcillo arenosa.
	6	37.2	44.8	18	Arcillosa.
	7	30.8	49.2	20	Arcillosa.

Fuente: Flores et al., (2022).

Gráfico N° 07: Clases texturales de suelos del área de estudio.



Fuente: Flores et al., (2022).

2) Estructura

De acuerdo a la evaluación efectuada en todo el área de investigación la estructura predominante es granular y migajosa, esto probablemente por el transporte de material particulado pendiente abajo, toda vez que es la misma formación geológica provocada por deslizamientos que a través de miles de años se han acumulado en áreas próximas del río Pachachaca, esto es fácil de observar la acumulación de capas de arena en la zona baja del área de estudio, esto permite afirmar que en tiempos pasados formaban parte lecho del río, pero con el correr del tiempo por efecto de muchos factores se ha ido acumulando con otros materiales transportados de la parte alta y como resultado se han formado suelos de buena calidad agrícola, sin mayores restricciones para una explotación de tierras en forma rentable.

3) Densidad aparente

El cuadro N° 16 es el resultado de la información recopilada, procesada y calculada mediante la fórmula del ítem 2.3.3 se puede visualizar que la menor densidad aparente corresponde a la zona media con 1.65 gr/cm³ y la mayor de 1.82 gr/cm³ de la zona baja

Cuadro N° 16: Densidad aparente por zonas y parcelas

ZONA ALTA	PARCELA	PESO DE SUELO SECO gr	PESO DE CILINDRO cm ³	DENSIDAD APARENTE gr/cm ³
	1	279	163.37	1.71
	2	280	163.37	1.71
	3	282	163.37	1.73
	4	287	163.37	1.76
	5	285	163.37	1.74
	6	290	163.37	1.78
	7	289	163.37	1.77
ZONA MEDIA	PARCELA	PESO DE SUELO SECO gr	PESO DE CILINDRO gm ³	DENSIDAD APARENTE gr/c m ³
	1	280	163.37	1.71
	2	278	163.37	1.70
	3	279	163.37	1.71
	4	280	163.37	1.71
	5	272	163.37	1.66
	6	270	163.37	1.65
ZONA BAJA	PARCELA	PESO DE SUELO SECO gr	PESO DE CILINDRO cm ³	DENSIDAD APARENTE gr /cm ³
	1	290	163.37	1.78
	2	297	163.37	1.82
	3	300	163.37	1.84
	4	298	163.37	1.82
	5	285	163.37	1.74
	6	287	163.37	1.76
	7	290	163.37	1.78

Fuente: Flores et al., (2022).

El cuadro N° 17 muestra la densidad aparente según la clase textural de suelos por parcelas y por zonas

Cuadro N° 17: Densidad aparente por clase textural, parcelas y zonas

PARCELAS ZONA ALTA	
TEXTURA	D. APARENTE
Franco arcillo arenoso	1.71
Franco arcilloso	1.71
Arcillo arenoso	1.73
Franco arcillo arenoso	1.76
Arcillo arenoso	1.74
Franco arcilloso	1.78
Franco arcilloso	1.77
PARCELAS ZONA MEDIA	
TEXTURA	D. APARENTE
Arcillo arenoso	1.71
Arcillo arenoso	1.70
Franco arcillo arenoso	1.71
Franco arcillo arenoso	1.71
franco arcilloso	1.66
Arcillo arenoso	1.65
PARCELAS ZONA BAJA	
TEXTURA	D. APARENTE
Franco arcillo arenoso	1.78
Arcillo arenoso	1.82
Arcillo arenoso	1.84
Franco arcilloso	1.82
Arcillo arenoso	1.74
Arcilloso	1.76
Arcilloso	1.78

Fuente: Flores et al., (2022).

4) Densidad real

En el cuadro N° 18 se puede visualizar el registro del procedimiento seguido para determinar la densidad real (ítem 2.3.4) de las muestras por parcela y zonas de estudio.

Cuadro N° 18: Resultados de Información base para densidad real por y parcela

ZONA ALTA	PARCELA	PESO DE PICNOMETRO (gr)	PESO DE PICNOMETRO CON AGUA (gr)	PESO DE PICNOMETRO CON AGUA + SUELO (gr)	PESO DEL SUELO + PICNOMETRO (gr)
	1	16.59	41.48	44.29	21.59
	2	16.59	41.48	44.06	21.59
	3	16.59	41.48	44.29	21.59
	4	16.59	41.48	44.1	21.59
	5	16.59	41.48	44.29	21.59
	6	16.59	41.48	44.10	21.59
	7	16.59	41.48	44.03	21.59
ZONA MEDIA	PARCELA	PESO DE PICNOMETRO (gr)	PESO DE PICNOMETRO CON AGUA (gr)	PESO DE PICNOMETRO CON AGUA + SUELO (gr)	PESO DEL SUELO + PICNOMETRO (gr)
	1	16.59	41.48	44.96	21.59
	2	16.59	41.48	44.97	21.59
	3	16.59	41.48	43.97	21.59
	4	16.59	41.48	43.93	21.59
	5	16.59	41.48	43.93	21.59
	6	16.59	41.48	43.96	21.59
ZONA BAJA	PARCELA	PESO DE PICNOMETRO (gr)	PESO DE PICNOMETRO CON AGUA (gr)	PESO DE PICNOMETRO CON AGUA + SUELO (gr)	PESO DEL SUELO + PICNOMETRO (gr)
	1	16.59	41.48	44.37	21.59
	2	16.59	41.48	44.39	21.59
	3	16.59	41.48	44.41	21.59
	4	16.59	41.48	44.41	21.59
	5	16.59	41.48	44.12	21.59
	6	16.59	41.48	44.37	21.59
	7	16.59	41.48	44.39	21.59

Fuente: Flores et al., (2022).

Utilizando los resultados del cuadro N° 18 y haciendo uso de la relación para hallar la densidad real se obtuvo los resultados que muestra el cuadro N° 19

Cuadro N° 19: Resultados de densidad real por parcela.

PARCELA	(S) PESO DE SUELO (gr)	(A) PESO DEL AGUA (gr)	(s+a) PESO DE SUELO + AGUA (gr)	DENSIDAD REAL (gr /ml)
1	5	24.89	27.9	2.51
2	5	24.89	27.47	2.07
3	5	24.89	27.7	2.28
4	5	24.89	27.51	2.10
5	5	24.89	27.7	2.28
6	5	24.89	27.51	2.10
7	5	24.89	27.44	2.04

PARCELA	(S) PESO DE SUELO (gr)	(A) PESO DEL AGUA (gr)	(s+a) PESO DE SUELO + AGUA (gr)	DENSIDAD REAL (gr /ml)
1	5	24.89	28.37	3.29
2	5	24.89	28.38	3.31
3	5	24.89	27.38	1.99
4	5	24.89	27.34	1.96
5	5	24.89	27.34	1.96
6	5	24.89	27.37	1.98

PARCELA	(S) PESO DE SUELO (gr)	(A) PESO DEL AGUA (gr)	(s+a) PESO DE SUELO + AGUA (gr)	DENSIDAD REAL (gr /ml)
1	5	24.89	27.78	2.37
2	5	24.89	27.8	2.39
3	5	24.89	27.82	2.42
4	5	24.89	27.82	2.42
5	5	24.89	27.53	2.12
6	5	24.89	27.78	2.37
7	5	24.89	27.8	2.39

Fuente: Flores et al., (2022).

5) Porosidad

En el cuadro N° 20 se puede observar los resultados del porcentaje de porosidad de los suelos agrícolas por parcelas de las zonas estudiadas, los mismos que han sido mediante la fórmula expuesta en el marco conceptual (2.3.5).

Cuadro N° 20: Resultados de porosidad.

PARCELA	DENSIDAD APARENTE gr/Cm3	DENSIDAD REAL gr /ml	POROSIDAD %
1	1.71	2.51	31.87
2	1.71	2.07	31.87
3	1.73	2.28	31.87
4	1.76	2.1	31.87
5	1.74	2.28	31.87
6	1.78	2.1	31.87
7	1.77	2.04	31.87
PARCELA	DENSIDAD APARENTE gr/Cm3	DENSIDAD REAL gr/ml	POROSIDAD %
1	1.71	3.29	48.02
2	1.7	3.31	48.64
3	1.71	1.99	14.07
4	1.71	1.96	12.76
5	1.66	1.96	15.31
6	1.65	1.98	16.67
PARCELA	DENSIDAD APARENTE gr/Cm3	DENSIDAD REAL gr/ml	POROSIDAD %
1	1.78	2.37	24.89
2	1.82	2.39	23.85
3	1.84	2.42	23.97
4	1.82	2.42	24.79
5	1.74	2.12	17.92
6	1.76	2.37	25.74
7	1.78	2.39	25.52

Fuente: Flores et al., (2022)

De acuerdo a la escala de clasificación de porosidad de Kaurichev (1984), solamente, el porcentaje de porosidad de las muestras 1 y 2 se encontrarían clasificadas como baja, puestoque se hallan comprendido entre 40-50 % de porosidad. El resto corresponde a suelos de porosidad muy baja (menor a 40 %), con limitaciones en flujo de gases y agua, por ser deficientes e inadecuados para el ecosistema del suelo.

Sin embargo, aplicando los parámetros establecidos por la FAO (2009), las parcelas 1 y 2 dela zona media corresponde a una porosidad muy alta, el resto se encuentra clasificada entre media y alta porosidad.

6) Profundidad efectiva

La evaluación integral de toda el área agrícola ha permitido definir la apertura de una calicata en cada zona de estudio, esto se debió por las características similares que presentan los suelos de cada una de ellas, cuyo resultado se puede observar en el cuadro N°21.

Cuadro N° 21: Profundidad efectiva

Zona	N° de calicatas	Profundidad efectiva(cm)
Alta	1	70
Media	1	86
Baja	1	95

Fuente: Flores et al., (2022).

Los resultados obtenidos a nivel de campo debidamente procesadas y aplicando las escalas de clasificación de la FAO y USDA permitió clasificar como suelos de moderada profundidad a profundo, esto permite establecer cualquier cultivo, puesto que el sistema radicular no será limitado en su desarrollo normal, de esta manera las plantas cultivadas podrán asimilar los nutrientes y otros elementos que dispone el suelo.

7) Color de suelo

Después de haber evaluado todas las muestras de las zonas estudiadas se ha llegado a que el color de los suelos determinado mediante el uso de la tabla MUNSELL resultó suelos de color 7.5YR 4/2 Brown (imagen N° 14), por tanto, son suelos de color marrón, que se caracterizan por estar asociado con materia orgánica de naturaleza ácida y en estado de descomposición parcial, y otras

combinaciones como por ejemplo óxidos de Fe.

Imagen N° 14: Color de suelo de la zona de estudio



Fuente: Flores et al., (2022).

Los colores de suelo por cada muestra y parcela con más detalle se pueden observar en los anexos 1,2 y 3.

El cuadro N° 22 muestra el resumen de resultados de propiedades físicas de suelos de todas las zonas y parcelas de investigación.

4.1.4 Clasificación de los suelos agrícolas según las propiedades físicas del área de investigación

La clasificación de suelos agrícolas del área de terrenos materia de investigación fue ejecutado aplicando el Decreto Supremo N° 017-2009-AG REGLAMENTO DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO MAYOR, esto se llevó a cabo mediante la utilización de los resultados de las propiedades físicas de suelos estudiados, tales como la textura, estructura, densidad aparente y real, porosidad, profundidad efectiva y color. Esta información de base permitió clasificar las tierras de acuerdo al Grupo de Capacidad de Uso Mayor, en Tierras Aptas para Cultivos Permanentes (Símbolo C) en la

zona media y alta, mientras que la zona baja corresponde a Tierras Aptas para Cultivo en Limpio (Símbolo A), cuyo reporte consolidado presenta el cuadro N° 22. Esta clasificación es una aproximación, toda vez que toma solamente algunas de las propiedades físicas internas, más no las propiedades químicas y orgánicas.

Las tierras de la zona alta y media, clasificada con aptitud para cultivos permanentes son propicios el establecimiento de frutales, pero también se pueden dar otros usos, como para el cultivo de pastos y otros, siempre en cuando su explotación sea sostenible. Por otra parte, las tierras de la zona baja son aptas para cultivos en limpio, principalmente para cultivos intensivos que requieren araduras periódicas, pero también es posible destinar a otras alternativas de uso.

Cuadro N° 22: Clasificación de suelos según grupo de capacidad de uso mayor.

Zona	Textura	Estructura	Densidad aparente promedio (gr/cm ³)	Densidad real promedio (gr/ml)	Porosidad	Profundidad efectiva	Color	Grupo de capacidad de uso mayor
Alta	. Franco arcilloso .Franco arcillo arenoso .Arcillo arenoso	Granular Migajosa	1.74	2.20	Alta	Moderadamente profundos.	Marrón	C
Media	.Arcillo arenoso .Franco arcillo arenoso .Franco arcilloso	Granular Migajosa	1.69	2.42	.Media, .Alta .Muy alta	Moderadamente profundos.	Marrón	C
Baja	.Arcillo arenoso .Arcilloso .Franco arcillo arenoso .Franco arcilloso	Granular Migajosa	1.79	2.35	Alta	Profundos	Marrón	A

Fuente: Flores et al., (2022).

4.2 Discusiones

La discusión se efectuó con aproximación a la clasificación de tierras de uso mayor por zonas que involucra las parcelas, a continuación, veamos el análisis en cada caso.

Los resultados de textura (cuadro N° 23) expresados como clase textural, en la zona alta predomina suelos de textura franco arcilloso (48.86 %), seguido por arcillo arenoso y franco arcillo arenoso, y de acuerdo a los resultados de evaluación están clasificadas como para establecer plantaciones de frutales. La zona media presenta suelos arcillo arenoso (50.00 %), y después los francos arcillo arenoso y franco arcilloso, también con aptitud para plantaciones permanentes de tipo frutícola. Finalmente, en la zona baja se encontró suelos de textura arcillo arenoso (42.86 %), luego el arcilloso, franco arcillo arenoso y franco arcilloso, sin mayores limitaciones para cultivos intensivos y de tipo comercial.

En general, a pesar de presentar partículas de arcilla en todas las zonas, estos no constituyen limitación para el desarrollo normal de plantaciones permanentes como también de cultivos transitorios que requieren de manejo de suelos apropiados. Por otra parte, son terrenos con buena capacidad de escurrimiento superficial de aguas como también de drenaje por la pendiente favorable de todas las parcelas que conforman el área agrícola bajo riego.

Cuadro N° 23: Clase textural según zonas de estudio

Zona	N° de muestras y/o parcelas	Clase textural	%
Alta	7	Franco arcilloso	44.00
		Arcillo arenoso	28.00
		Franco arcillo arenoso	28.00
		Total	100.00
Media	6	Arcillo arenoso	50.00
		Franco arcillo arenoso	33.33
		Franco arcilloso	16.67
		Total	100.00
Baja	7	Arcillo arenoso	42.86
		Arcilloso	28.57
		Franco arcillo arenoso	14.29
		Franco arcilloso	14.28
		Total	100.00

Fuente: Flores et al., (2022).

Todas las zonas del área de investigación como resultado de la evaluación en campo presentan suelos de estructura granular Migajosa según la forma o tipo conocidos en la literatura existente, esta cualidad permite el crecimiento de las raíces de las plantas de manera normal y garantiza la productividad. Esta propiedad es cambiante por las diferentes prácticas de laboreo agrícola.

EL cuadro N° 24 muestra la densidad aparente promedio por textura de suelo agrupada por cada zona. Al contrastar con lo establecido por USDA encontramos que todos los valores de densidad aparente son mayores, esto probablemente puede limitar el normal crecimiento y crecimiento de las raíces por la poca penetración y retención de agua superficial de lluvias por escorrentía, sin embargo, en ningún caso son superiores a 1.80 gr/cm^3 , por tanto, con un manejo de suelos apropiado es superable sin mayores dificultades. De otra parte, existe relación directa entre la densidad aparente con la porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración.

Cuadro N° 24: Densidad aparente según textura de suelo

Zona	Textura de suelo	Densidad aparente promedio	USDA Densidad aparente ideal para el crecimiento de raíces (gr/cm ³)
Alta	Franco arcilloso	1.75	<1.4
	Arcillo arenoso	1,74	<1.1
	Franco arcillo arenoso	1.74	<1.4
Media	Arcillo arenoso	1.69	<1.1
	Franco arcillo arenoso	1.71	<1.4
	Franco arcilloso	1.66	<1.4
Baja	Arcillo arenoso	1.80	<1.1
	Arcilloso	1.77	<1.1
	Franco arcillo arenoso	1.78	<1.4
	Franco arcilloso	1.82	<1.4

Fuente: Flores et al., (2022).

Los resultados de porcentaje de porosidad por zona de las parcelas estudiadas y aplicando la porosidad total establecido por la FAO es el siguiente:

<u>Zona</u>	<u>Porosidad</u>
• Alta	Alta
• Media	Media
	Alta
	Muy alta
• Baja	Alta

La media, alta y muy alta de porosidad de suelos de todas las zonas evaluadas favorece la aireación y movimiento del agua a través de los macroporos y microporos, facilitando la nutrición y desarrollo de las plantas cultivadas.

De otra parte, al contrastar los resultados de profundidad efectiva de los suelos con lo establecido por la FAO en rangos de profundidad se llegó a clasificar en suelos moderadamente profundos en las zonas alta y media, mientras que la zona baja es profundo, esta última favorece el desarrollo de las raíces de las plantas cultivadas o de cualquier especie vegetal; y por las características de

material parenteral de formación geológica y deslizamiento de tierras pendiente abajo ha ocasionado depósitos de materiales casi del mismo color en áreas próximas del río Pachachaca, y con el transcurrir del tiempo los suelos del área de investigación son de color marrón, esto probablemente por una serie de componentes que influye en su composición. Finalmente, los resultados obtenidos y aplicando el Decreto Supremo N° 017-2009-AG Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, permitió clasificar en tierras aptas para cultivos permanentes, especialmente frutales en la zona alta y media, mientras que la zona baja son tierras aptas para cultivos en limpio; en realidad son suelos de calidad agrológica para una explotación racional en cultivos intensivos y de tipo comercial.

Cuadro Nº 25: Resumen de resultados de propiedades físicas de suelos.

ZONA ALTA													
N°	ZONA 18L E	ZONA 18L S	msnm	PROPORCION DE LAS PARTICULAS			TEXTURA	ESTRUCTURA	COLOR	P. EFECTIVA	D. APARENTE	D. REAL	POROSIDAD
				% ARENA	%ARCILLA	%LIMO							
1	722,025.70	8,488,854.20	1,856.00	54.00	34.00	12.00	franco arcillo arenoso	Migajosa - Granular	7.5YR 4/2 Brown	Suelos moderada mente profundos.	1.71	2.51	31.87
2	721,966.72	8,488,836.13	1,865.00	41.60	32.40	26.00	franco arcilloso				1.71	2.07	31.87
3	721,971.49	8,488,905.42	1,862.00	49.20	35.20	15.60	arcillo arenoso				1.73	2.28	31.87
4	722,079.70	8,488,757.78	1,850.00	50.40	33.60	16.00	franco arcillo arenoso				1.76	2.10	31.87
5	722,152.47	8,489,029.47	1,838.00	48.80	35.20	16.00	arcillo arenoso				1.74	2.28	31.87
6	722,233.60	8,489,171.56	1,817.00	38.40	35.60	26.00	franco arcilloso				1.78	2.10	31.87
7	722,212.55	8,489,261.49	1,816.00	38.80	35.20	26.00	franco arcilloso				1.77	2.04	31.87
ZONA MEDIA													
N°	ZONA 18L E	ZONA 18L S	Msnm	PROPORCION DE LAS PARTICULAS			TEXTURA	ESTRUCTURA	COLOR	P. EFECTIVA	D. APARENTE	D. REAL	POROSIDAD
				% ARENA	%ARCILLA	%LIMO							
1	722,420.55	8,489,141.36	1,767.00	53.60	34.40	16.00	arcillo arenoso	Migajosa - Granular	7.5YR 4/2 Brown	Suelos moderada mente profundos	1.71	3.29	48.02
2	722,441.80	8,489,118.92	1,767.00	53.60	34.40	12.00	arcillo arenoso				1.70	3.31	48.64
3	722,467.97	8,489,098.87	1,766.80	48.00	34.00	18.00	franco arcillo arenoso				1.71	1.99	14.07
4	722,490.46	8,489,077.86	1,767.00	52.20	34.80	10.00	franco arcillo arenoso				1.71	1.96	12.76
5	722,510.37	8,489,000.31	1,779.00	40.00	38.00	22.00	franco arcilloso				1.66	1.96	15.31
6	722,618.97	8,488,962.69	1,773.00	49.60	36.40	14.00	arcillo arenoso				1.65	1.98	16.67
ZONA BAJA													
N°	ZONA 18L E	ZONA 18L S	Msnm	PROPORCION DE LAS PARTICULAS			TEXTURA	ESTRUCTURA	COLOR	P. EFECTIVA	D. APARENTE	D. REAL	POROSIDAD
				% ARENA	%ARCILLA	%LIMO							
1	722,488.84	8,489,168.39	1,763.00	55.20	26.80	18.00	franco arcillo arenoso	Mi gajosa - Granular	7.5YR 4/2 Brown	Suelos profundos.	1.78	2.37	24.89
2	722,665.48	8,489,075.72	1,764.00	57.20	40.80	2.00	arcillo arenoso				1.82	2.39	23.85
3	722,726.48	8,489,028.60	1,764.00	48.80	39.20	12.00	arcillo arenoso				1.84	2.42	23.97
4	722,759.38	8,488,981.50	1,764.00	39.60	38.40	22.00	franco arcilloso				1.82	2.42	24.79
5	722,822.23	8,488,906.76	1,765.00	45.20	36.80	18.00	arcillo arenoso				1.74	2.12	17.92
6	722,821.04	8,488,904.43	1,764.00	37.20	44.80	18.00	Arcilloso				1.76	2.37	25.74
7	722,865.70	8,488,870.66	1,764.00	30.80	49.20	20.00	Arcilloso				1.78	2.39	25.52

Fuente: Flores et al., (2022)

CONCLUSIONES

- Se ha identificado y delimitado tres zonas y 20 parcelas bien definidas para propósitos de la investigación en toda el área de aptitud agrícola bajo riego
Los resultados de la evaluación de propiedades físicas de los suelos fueron:
- Textura predominante en la zona alta fue franco arcilloso (44.00%), luego arcillo arenoso (28.00 %) y franco arcillo arenoso (28.00 %). En la zona media predomina la textura arcillo arenoso (50.00 %), seguido por franco arcillo arenoso (33.33 %) y franco arcillosos (16.67 %), mientras que en la parte baja el mayor porcentaje correspondió a arcillo arenoso (42.86 %), después el arcilloso (28.57 %), franco arcillo **arenoso** (14.29 %) y franco arcilloso (14.28 %).
- La característica de la estructura de los suelos que presenta las zonas estudiadas es granular migajosa.
- la densidad aparente en la zona alta en promedio varía de 1.74 a 1.75 gr/cm³, en la zona media de 1.66 a 1.71 gr/cm³, y la zona baja de 1.77 a 1.82 gr/cm³.
- La densidad real en promedio en la zona alta es de 2.20 gr /ml, zona media de 2.42gr /ml, y en la zona baja de 2.35 gr /ml.
- La porosidad en la zona alta es alta, en la zona media varía de media, alta a muy alta, y la zona baja mostró una porosidad alta.
- La profundidad efectiva determinada en la zona alta y media corresponde a suelos moderadamente profundos, y la zona baja es profundo.
- El color de suelo para todas las zonas es marrón.
- La zona alta y media fueron clasificadas en tierras aptas para cultivos permanentes, principalmente de especies frutícolas, en cambio la zona baja es apta para cultivos en limpio de explotación intensiva y comercial.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar en consideración los resultados de la evaluación de propiedades físicas de los suelos y aplicar en la planificación y explotación de tierras en el área investigada.
- Se recomienda profundizar la investigación, además de las propiedades físicas, incluir las propiedades químicas y biológicas a fin de clasificar los suelos incorporando otras variables que no han sido considerados en el estudio.
- En las zonas alta y media, se sugiere instalar cultivos perennes de especies frutícolas como palto, cítricos, chirimoya, níspero Japón, paca, tuna, pitahaya.
- En la zona baja se sugiere instalar cultivos como caña de azúcar, maíz amarillo duro, maíz morado, frijol, camote, tomate, páprikas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bautista Niampira, N. G. (2020).** Propiedades físicas del suelo, factor prioritario de atención dentro de la productividad agrícola. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente "ECAPMA" Agronomía. Universidad Nacional Abierta y a Distancia "UNAD".
- Baver Gardner, W.H; Gardner, W. R.** Física de suelos. México, CRAT, 1973. 52p p.
- Cardoso Rojas, H.J. (2017).** Determinación de la capacidad de uso mayor de los suelos con fines agrícolas del sector Ahijadero, Conchucos - Ancash – Perú.
- Cardus J. (2002).** Intercambio Iónico en suelos y vegetales. Capacidad de intercambio catiónico(CIC), Ed. Real Academia de farmacia, Barcelona, 56 pp.
- Catedra de Edafología. UNCO. (2003).** Propiedades físicas del suelo. Ed. Mc Graw-Hill, México. 160pp.
- Cotrina Cabello, V.R. (2019).** "Efecto de abonos orgánicos en los propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo agrícola en Purupampa Panao – 2017". Tesis de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán Escuela de Posgrado.
- Cuevas J. (2002).** Análisis de Suelo. Importancia de Análisis De Suelo, Ed. Universidad de Ingeniería. 228 pp.
- Department of Agriculture (1999).** Soil survey manual. Washington, USDA. Agricultural Handbook N° 18, D.C., 593 pp.
- Duchaufour, Ph.(1987).** Manual de Edafología. Ed. Masson S.A. Barcelona. 214 pp.
- Dry Cracked Soil Image By Melinda Nagy From Fotolia.Com, España (2011) 20pp. FAO (2005).** Propiedades físicas del suelo, Organización de las Naciones Unidas, 67 pp. Hang, S. (2014). Curso de Edafología, FCA-UCC, Argentina. 59pp.
- Hansen Israelsen. (1999).** Principios y Aplicaciones del Riego., Ed reverté, S.A, Barcelona –Buenos Aires – México. 2da Edición, 396 pp.
- Hernández-Sampiere, R; Mendoza Torres, C.P. (2018).** Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y Mixta. McGraw-Hill Education. México.
- Jaurixje, M; Torres, D; Mendoza, B; Henríquez, M; Contreras, J. (2013).** Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, estado Lara Bioagro, vol. 25, núm. 1, enero-abril, 2013, pp. 47-56 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Barquisimeto, Venezuela.
- Jordán López, A. (2006).** Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla.
- Kessel, H.W. (2015).** Equipos y Materiales para Laboratorio e Industria Av. Ricardo Palma N° 905, San Antonio-Miraflores Apartado 552 Lima –Perú. 255pp.

- Leyva, S., Baldoquin, A. Reyes, M. (2018).** Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios, Las Tunas, Cuba. Rev. Cienc. Agr. 35(1):36-47.
- Malagón, C. D. (1995).** Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso, Ed. IGAC, Bogotá, 106pp.
- Ministerio de Agricultura. (2009).** DECRETO SUPREMO N° 017-2009-AG. REGLAMENTO DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO MAYOR. Dirección de Gestión Estratégica.
- Novillo Espinoza, I.D; Carrillo Zenteno, M. D; Cargua Chávez, J.E; Nabel Moreira, V; Alban Solares, K.E; Morales Intriago, F.L. (2018).** Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador.
- Pinzón (2018).** “Caracterización de la salinidad, y las propiedades físicas de los suelos de la Comunidad Campesina de Morrope”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Agronomía. Lambayeque – Perú.
- Porta Casinelli, J. (2006).** Propiedades Del Suelo. Textura del Suelo, Ed. Porta Bar, Madrid, 360 pp
- Programa de Edafología (s. f). Porosidad.** Facultad de Ciencias.Área de Edafología y Química Agrícola. <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/CAEdProgTeor.html>
- Rucks L., García., F., Kaplan, A., Ponce de León. , J., & Hill, M. (2004).** Propiedades Físicas del Suelo.
- Saavedra Mora, D; Murcia Torrejano, V; Machado Cuellar, L; Sánchez Cerquera, J; Estrada quintero, L.F; Ordoñez Espinoza, C.M. (2019).** Propiedades físicas y químicas de suelos y su relación con sistemas de producción en el municipio Campo Alegre, departamento de Huila, Colombia.
- Sarmiento Sarmiento, G. J. (2014).** Caracterización edafológica del perfil de suelos, Universidad Nacional San Agustín De Arequipa, Arequipa Perú, 89 pp.
- Silva Mojalott, R. (2010).** Caracterización de las propiedades físicas de los suelos agrícolas de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Scalone Echave, M. A. (2013)** Instituto de Agrimensura, Ed reverté, S.A, Barcelona – Buenos Aires – México. 1ra Edición, 46pp.
- Vieira, M.J; Ochoa I, B. (1999)** Manejo Integrado de la Fertilidad del Suelo en Zonas de Ladera. El Agua, Editorial PASOLAC – IICA, San Salvador, 146pp.
- Yakabi Bedriñana, K.S. (2014).** Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima.
- Zapata, F; Goytendia, A. (1973).** Manual de manejo de suelos. Departamento de suelos y Geología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

PAGINAS DE INTERNET

- [http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3063/47068.pdf?sequence=1&isAllowed=y.](http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3063/47068.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [http://repositoriounheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/5399/TDr.MADS00026C85.pdf?sequence=1&isAllowed=y.](http://repositoriounheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/5399/TDr.MADS00026C85.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm.](https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm)
- [https://www.redalyc.org/pdf/857/85726736002.](https://www.redalyc.org/pdf/857/85726736002) Pdf.
- <http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf>
- [http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.81.](http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.81)
- Bucaramanga. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36739/ngbautistan.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- <https://www.senace.gob.pe/download/senacenormativa/NAT-3-7-01-DS-017-2009-AG.pdf>
- <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2018/BC-TES-TMP-902.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2643/1635>
- <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1607/000002023T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5836/YAKABI_BEDRINANA_KATIUSCA_FERTILIDAD_SUELO.pdf?sequence=1

ANEXOS

Anexo N° 01 . Muestras de suelos de la zona alta por parcela.

N°	MUESTRA	ZONA 18L E	ZONA 18L S	msnm
1		722,025.70	8,488,854.20	1,856.00
2		721,966.72	8,488,836.13	1,865.00
3		721,971.49	8,488,905.42	1,862.00
4		722,079.70	8,488,757.78	1,850.00
5		722,152.47	8,489,029.47	1,838.00
6		722,233.60	8,489,171.56	1,817.00
7		722,212.55	8,489,261.49	1,816.00

Fuente: Flores et al., (2022).

Anexo N° 0 2: Muestras de suelos de la zona media por parcelas.

Muestras de la parte media

N°	MUESTRA	ZONA 18L E	ZONA 18L S	msnm
1		722,420.55	8,489,141.36	1,767.00
2		722,441.80	8,489,118.92	1,767.00
3		722,467.97	8,489,098.87	1,766.80
4		722,490.46	8,489,077.86	1,767.00
5		722,510.37	8,489,000.31	1,779.00
6		722,618.97	8,488,962.69	1,773.00

Fuente: Flores et al., (2022).

Anexo N° 0 3: Muestras de suelos de la zona baja por parcelas

N°	MUESTRA	ZONA 18L E	ZONA 18L S	msnm
1		722,488.84	8,489,168.39	1,763.00
2		722,665.48	8,489,075.72	1,764.00
3		722,726.48	8,489,028.60	1,764.00
4		722,759.38	8,488,981.50	1,764.00

Fuente: Flores et al., (2022).

Anexo N° 0 4: Determinación de textura de suelos por zona y parcelas

Determinación de la textura de suelos agrícolas de parcelas de la zona alta.

Cálculos

Parcela N ° 1

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 20°C.
- 1° Lectura = 23
- 2° Lectura = 17
- 1° Lectura corregida = $23 + 0.0 = 23$

➤ 2° Lectura corregida = 17 + 0.0 = 17

% Arena = 100 – (23/50 × 100) = 54 %

% Arcilla = (17/50 × 100) = 34 %

% Limo = 100 – (54% + 34%) = 12%



INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 54 % de arena, 34 % de Arcilla y 12% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcillo arenosa**.

Parcela N° 2

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
 - Temperatura = 21°C.
 - 1° Lectura = 29
 - 2° Lectura = 16
 - 1° Lectura corregida = 29 + 0.2 = 29.2
 - 2° Lectura corregida = 16 + 0.2 = 16.2
- % Arena = 100 – (29.2/50 × 100) = 41.6 %

$$\% \text{ Arcilla} = (16.2/50 \times 100) = 32.4 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (41.6\% + 32.4\%) = 26 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 41.6 % de arena, 32.4 % de Arcilla y 26% de Limo, el cual representa a un suelo de **textura franco arcillosa**.

Parcela N° 3

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 23°C.
- 1° Lectura = 24
- 2° Lectura = 17
- 1° Lectura corregida = $24 + 0.6 = 24.6$
- 2° Lectura corregida = $17 + 0.6 = 17.6$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (24.6/50 \times 100) = 49.2 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (17.6/50 \times 100) = 35.2\%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (49.2\% + 35.2\%) = 15.6 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 49.2% de arena, 35.2% de Arcilla y 15.6% de Limo, el cual representa a un suelo de **textura arcillo arenosa**.

Parcela N° 4

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
- Temperatura = 24°C.
- 1° Lectura = 24
- 2° Lectura = 16
- 1° Lectura corregida = $24 + 0.8 = 24.8$
- 2° Lectura corregida = $16 + 0.8 = 16.8$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (24.8/50 \times 100) = 50.4 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (16.8/50 \times 100) = 33.6 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (50.4\% + 33.6\%) = 16 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 50.4% de arena, 33.6% de Arcilla y 16% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcillo arenoso**.

Parcela N° 5

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 23°C.
- 1° Lectura = 25
- 2° Lectura = 17

- 1° Lectura corregida = $25 + 0.6 = 25.6$
 - 2° Lectura corregida = $17 + 0.6 = 17.6$
- % Arena = $100 - (25.6/50 \times 100) = 48.8 \%$

$$\% \text{ Arcilla} = (17.6/50 \times 100) = 35.2\%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (48.8\% + 35.2\%) = 16 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 48.8% de arena, 35.2% de Arcilla y 16% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillo arenoso**.

Parcela N° 6

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
 - Temperatura = 24°C.
 - 1° Lectura = 30
 - 2° Lectura = 17
 - 1° Lectura corregida = $30 + 0.8 = 30.8$
 - 2° Lectura corregida = $17 + 0.8 = 17.8$
- % Arena = $100 - (30.8/50 \times 100) = 38.4\%$
- % Arcilla = $(17.8/50 \times 100) = 35.6 \%$
- % Limo = $100 - (38.4\% + 35.6\%) = 26 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 38.4% de arena, 35.6% de Arcilla y 26% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcilloso**.

Parcela N° 7

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
 - Temperatura = 23°C.
 - 1° Lectura = 30
 - 2° Lectura = 17
 - 1° Lectura corregida = $30 + 0.6 = 30.6$
 - 2° Lectura corregida = $17 + 0.6 = 17.6$
- $\% \text{ Arena} = 100 - (30.6/50 \times 100) = 38.8 \%$
- $\% \text{ Arcilla} = (17.6/50 \times 100) = 35.2 \%$
- $\% \text{ Limo} = 100 - (38.8\% + 35.2\%) = 26 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 38.8% de arena, 35.2% de Arcilla y 26% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcilloso**.

ANALISIS DE TEXTURA DE LAS PARCELAS DE LA ZONA MEDIA

Parcela N°1

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 21°C.
- 1° Lectura = 23
- 2° Lectura = 17
- 1° Lectura corregida = $23 + 0.2 = 23.2$

- 2° Lectura corregida = $17 + 0.2 = 17.2$
- % Arena = $100 - (23.2/50 \times 100) = 53.6 \%$
- % Arcilla = $(17.2/50 \times 100) = 34.4 \%$
- % Limo = $100 - (53.6\% + 34.4\%) = 12 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 53.6% de arena, 34.4% de Arcilla y 12% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillo arenoso**.

Parcela N° 2

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
- Temperatura = 21°C.
- 1° Lectura = 23
- 2° Lectura = 17
- 1° Lectura corregida = $23 + 0.2 = 23.2$
- 2° Lectura corregida = $17 + 0.2 = 17.2$
- % Arena = $100 - (23.2/50 \times 100) = 53.6\%$
- % Arcilla = $(17.2/50 \times 100) = 34.4 \%$
- % Limo = $100 - (53.6\% + 34.4\%) = 12 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 53.6% de arena, 34.4% de Arcilla y 12% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillo arenosa**.

Parcela N° 3

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
- Temperatura = 20°C.
- 1° Lectura = 26
- 2° Lectura = 17
- 1° Lectura corregida = $26 + 0.0 = 26$
- 2° Lectura corregida = $17 + 0.0 = 17$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (26/50 \times 100) = 48 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (17/50 \times 100) = 34 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (48\% + 34\%) = 18 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 48% de arena, 34 % de Arcilla y 18% de Limo, el cual representa un suelo de textura **franco arcillo arenosa**.

Parcela N° 4

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 22°C.
- 1° Lectura = 22
- 2° Lectura = 14
- 1° Lectura corregida = $22 + 0.4 = 22.4$
- 2° Lectura corregida = $17 + 0.4 = 17.4$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (22.4/50 \times 100) = 55.2 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (17.4/50 \times 100) = 34.8 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (55.2\% + 34.8\%) = 10 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 55.2% de arena, 34.8% de Arcilla y 10% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcillo arenosa**.

Parcela N° 5

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
- Temperatura = 20°C.
- 1° Lectura = 30
- 2° Lectura = 19
- 1° Lectura corregida = $30 + 0.0 = 30$
- 2° Lectura corregida = $19 + 0.0 = 19$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (30/50 \times 100) = 40 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (19 \times 100) = 38 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (40\% + 38\%) = 22 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 40% de arena, 38% de Arcilla y 22% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcillosa**.

Parcela N° 6

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
 - Temperatura = 21°C.
 - 1° Lectura = 25
 - 2° Lectura = 18
 - 1° Lectura corregida = $25 + 0.2 = 25.2$
 - 2° Lectura corregida = $18 + 0.2 = 18.2$
- $\% \text{ Arena} = 100 - (25.2/50 \times 100) = 49.6 \%$
- $\% \text{ Arcilla} = (18.2/50 \times 100) = 36.4 \%$
- $\% \text{ Limo} = 100 - (49.6\% + 36.4\%) = 14 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 49.6% de arena, 36.4% de Arcilla y 14% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillo arenosa**.

ANÁLISIS DE TEXTURA DE SUELOS DE LAS PARCELAS DE LA ZONA BAJA

Parcela N° 1

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 22°C.
- 1° Lectura = 22
- 2° Lectura = 13
- 1° Lectura corregida = $22 + 0.4 = 22.4$

- 2° Lectura corregida = $13 + 0.4 = 13.4$
- % Arena = $100 - (22.4/50 \times 100) = 55.2 \%$
- % Arcilla = $(13.4/50 \times 100) = 26.8 \%$
- % Limo = $100 - (55.2\% + 26.8\%) = 18 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 55.2% de arena, 26.8% de Arcilla y 18% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcillo arenosa**.

Parcela N° 2

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
- Temperatura = 22°C.
- 1° Lectura = 21
- 2° Lectura = 20
- 1° Lectura corregida = $21 + 0.4 = 21.4$
- 2° Lectura corregida = $20 + 0.4 = 20.4$
- % Arena = $100 - (21.4/50 \times 100) = 57.2 \%$
- % Arcilla = $(20.4/50 \times 100) = 40.8 \%$
- % Limo = $100 - (57.2\% + 40.8\%) = 2 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 57.2% de arena, 40.8% de Arcilla y 2% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillo arenosa**.

Parcela N° 3

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
 - Temperatura = 23°C.
 - 1° Lectura = 25
 - 2° Lectura = 19
 - 1° Lectura corregida = $25 + 0.6 = 25.6$
 - 2° Lectura corregida = $19 + 0.6 = 19.6$
- % Arena = $100 - (25.6/50 \times 100) = 48.8 \%$
- % Arcilla = $(19.6/50 \times 100) = 39.2 \%$
- % Limo = $100 - (48.8\% + 39.2\%) = 12 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 48.8% de arena, 39.2% de Arcilla y 12% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillo arenosa**.

Parcela N° 4

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50 gr.
 - Temperatura = 21°C.
 - 1° Lectura = 30
 - 2° Lectura = 19
 - 1° Lectura corregida = $30 + 0.2 = 30.2$
 - 2° Lectura corregida = $19 + 0.2 = 19.2$
- % Arena = $100 - (30.2/50 \times 100) = 39.6 \%$

$$\% \text{ Arcilla} = (19.2/50 \times 100) = 38.4 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (39.6\% + 38.4\%) = 22 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 39.6% de arena, 38.4% de Arcilla y 22% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **franco arcillosa**.

Parcela N° 5

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
- Temperatura = 22°C.
- 1° Lectura = 27
- 2° Lectura = 18
- 1° Lectura corregida = $27 + 0.4 = 27.4$
- 2° Lectura corregida = $18 + 0.4 = 18.4$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (27.4/50 \times 100) = 45.2 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (18.4/50 \times 100) = 36.8 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (45.2\% + 36.8\%) = 18 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 45.2% de arena, 36.8% de Arcilla y 18% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillo arenosa**.

Parcela N° 6

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
 - Temperatura = 22°C.
 - 1° Lectura = 31
 - 2° Lectura = 22
 - 1° Lectura corregida = $31 + 0.4 = 31.4$
 - 2° Lectura corregida = $22 + 0.4 = 22.4$
- $\% \text{ Arena} = 100 - (31.4/50 \times 100) = 37.2 \%$
- $\% \text{ Arcilla} = (22.4 \times 100) = 44.8 \%$
- $\% \text{ Limo} = 100 - (37.2\% + 44.8\%) = 18 \%$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 37.2% de arena, 44.8% de Arcilla y 18% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillosa**.

Parcela N° 7

Cálculos

Datos:

- Peso muestra tomada = 50gr.
- Temperatura = 23°C.
- 1° Lectura = 34
- 2° Lectura = 24
- 1° Lectura corregida = $34 + 0.6 = 34.6$
- 2° Lectura corregida = $24 + 0.6 = 24.6$

$$\% \text{ Arena} = 100 - (34.6/50 \times 100) = 30.8 \%$$

$$\% \text{ Arcilla} = (24.6/50 \times 100) = 49.2 \%$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (30.8\% + 49.2\%) = 20 \%$$

INTERPRETACION: El contenido de arena, arcilla y limo determina la textura del suelo que puede verse en el triángulo textural, para este caso, de acuerdo al análisis que se realizó obtuvimos resultados de 30.8% de arena, 49.2% de Arcilla y 20% de Limo, el cual representa a un suelo de textura **arcillosa**.

Anexo N° 5: Panel de fotografías

Imagen N° 15: Obtención de muestras de suelos por método zigzag.



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 16: Limpieza del área de muestreo



Fuente: Flores et al., (2022)

Imagen N° 17: Excavación en v



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 18: Obtención de la muestra por el método decuarteo



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 19: Muestras rotuladas en el laboratorio.



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 20: Secado de muestras



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 21: Tamizado de la muestra.



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 22: Materiales e insumos para determinación de la textura



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 23: Proceso de disolución de las partículas minerales de la muestra.



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 24: Lectura de la muestra con el hidrómetro y termómetro.



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 25: Procesamiento



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 26: Determinación de la densidad aparente.



Fuente: Flores et al., (2022).

Imagen N° 27: Excavación de calicata para determinación de la profundidad efectiva.



Fuente: Flores et al., (2022).