



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN CINCO LOTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DE LABORATORIO DE SUELOS -2025.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

Autora:
Peñaherrera Velasco Shirley Nayeli

Tutor:
Chasi Vizquete Paolo Wilman

LATACUNGA – ECUADOR Julio 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Peñaherrera Velasco Shirley Nayeli, con cédula de ciudadanía No. 1751912930, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN CINCO LOTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DE LABORATORIO DE SUELOS -2025.”**, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 22 de julio del 2025



Shirley Nayeli Peñaherrera Velasco
C.C: 1751912930
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PEÑAHERRERA VELASCO SHIRLEY NAYELI**, identificada con cédula de ciudadanía **1751912930** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN CINCO LOTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DE LABORATORIO DE SUELOS -2025.**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre_2021-marzo_2022

Finalización de la carrera: abril – agosto 2025 Tutor:

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.

Tema: “**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN CINCO LOTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DE LABORATORIO DE SUELOS -2025.**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de julio del 2025.



Shirley Nayeli Peñaherrera Velasco
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN CINCO LOTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DE LABORATORIO DE SUELOS -2025.”, de Peñaherrera Velasco Shirley Nayeli, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 22 de julio del 2025



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

C.C: 0502409725

DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Peñaherrera Velasco Shirley Nayeli , con el título del Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN CINCO LOTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DE LABORATORIO DE SUELOS -2025.”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 22 de julio del 2025



Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.
CC: 0502672934
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.
C.C: 0501974703
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Ph.D.
C.C: 0501645568
LECTOR 2 (MIEMBRO)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL
SUELO EN CINCO LOTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS
BÁSICAS DE LABORATORIO DE SUELOS -2025.**

Autora:

Peñaherrera Velasco Shirley Nayeli

RESUMEN

El proyecto de investigación evaluó las propiedades físicas y químicas de cinco lotes en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el objetivo principal de determinar dichas propiedades mediante técnicas básicas de laboratorio. El análisis del suelo es clave para diagnosticar problemas nutricionales, evaluar su capacidad productiva y garantizar su sostenibilidad agrícola. La metodología incluyó revisión bibliográfica, muestreo en zigzag y análisis de laboratorio para determinar estructura, densidad (real y aparente), porosidad, textura, pH, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica y nutrientes. Los resultados, validados con el INIAP, revelaron que el lote 1 presenta textura franca (equilibrada), mientras que los lotes 2, 3, 4 y 5 son franco-arenosos (mayor drenaje, pero menor retención de agua). Todos mostraron pH básico (7.4–8.4), materia orgánica media (1.06–1.62%) y niveles variables de nutrientes, con excesos de sodio en el Lote 2 y altos niveles de calcio en general. La eficiencia del método alcanzó un 94.8% en comparación con el INIAP, además se empleó la prueba de chi-cuadrado como análisis estadístico, comparativo con el fin de determinar la presencia de diferencias significativas entre las dos instituciones. Se recomiendan ajustes en fertilización y manejo del suelo, especialmente en lotes con riesgo de salinización o compactación, para optimizar su uso agrícola.

Palabras Claves: suelos, estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad, textura, pH, nutrientes, suelo, laboratorio, capacidad de intercambio catiónico, técnica.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

THEME: "DETERMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL IN FIVE PLOTS AT TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI, SALACHE CAMPUS, USING BASIC SOIL LABORATORY TECHNIQUES – 2025."

Author:

Peñaherrera Velasco Shirley Nayeli

ABSTRACT

This research project evaluated the physical and chemical properties of five plots at Salache Campus of Technical University of Cotopaxi. The main objective was to determine these properties using basic laboratory techniques. Soil analysis proved essential diagnosing of nutritional problems, assessing productive capacity, and ensuring agricultural sustainability. The methodology included a literature review, zigzag sampling, and laboratory analysis to determine soil structure, density (real and bulk), porosity, texture, pH, cation exchange capacity, organic matter, and nutrient content. Results validated by INIAP showed that Plot 1 had a loamy texture (balanced), while Plots 2-5 were sandy loam (higher drainage but lower water retention). All plots exhibited alkaline pH (7.4-8.4) and moderate organic matter content (1.06- 1.62%). Nutrient levels varied, with sodium excess in Plot 2 and generally high calcium levels. The methods efficiency reached 94.8% compared to INIAP standards. A chi-square test was used for comparative statistical analysis to identify significant differences between institutions. The study recommended fertilization and soil management adjustments, particularly for plots at risk of salinization or compaction, to optimize agricultural use.

KEYWORDS: Soil, structure, real density, bulk density, porosity, texture, pH, nutrients, laboratory, cation exchange capacity, technique

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme las herramientas para mi formación profesional. A mis docentes, por compartir su conocimiento y guiarme en este camino. Este logro es también fruto de su dedicación.

Agradezco a mis padres “Pablo y Martha” mis pilares, gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y sus enseñanzas, jamás habría llegado hasta a qui. Gracias Mami, eres mi ejemplo de lucha y ternura; gracias Papi, por tu disciplina y por enseñarme que el conocimiento es la mejor herencia.

A mi querido hijo “Ian Santiago” gracias por ser mi motor en cada noche de estudio mi razón para luchar cada día y mi alegría en cada logro con tus abrazos me llenabas de amor, eres mi orgullo más grande. Este título también es tuyo.

A “Jhervy” gracias por ser mi apoyo silencioso pero constante, por escucharme siempre, por tu paciencia infinita, gracias por cuidar a lo máspreciado que tengo con tanto amor mientras yo terminaba mi carrera.

A mis amigos “Christopher y Anderson” mis cómplices de siempre, gracias por ser el desorden perfecto en mi vida, gracias por cuidarme, sin sus risas y su apoyo incondicional, este proceso habría sido mucho más difícil. Celebremos juntos este triunfo, porque ustedes son parte de él.

A mi amiga querida “Anahí”, por tus palabras de aliento cuando más lo necesitaba, esta tesis es tuya también, porque sin tus consejos, tus regaños cariñosos, y tus abrazos nunca habría llegado hasta aquí y por convertir este camino en una aventura. Eres mi ángel de locuras, gracias, por tanto.

Shirley Nayeli Peñaherrera Velasco

DEDICATORIA

A mis padres, “Pablo y Martha” pilares de mi vida y alma de este logro: Esta tesis es el fruto de su amor inquebrantable, de esas noches en las

que me animaron a seguir cuando el cansancio quería ganar, y de los días en los que su fe en mí fue más fuerte que mis propias dudas. Cada página lleva impresa su paciencia, sus sacrificios silenciosos y esa mano extendida que nunca me dejó caer. Gracias por ser mi refugio y mi ejemplo; hoy celebro este triunfo como un abrazo a su lucha incansable.

A mi adorada abuelita, “María Isabel” mi ángel y estrella: Aunque el cielo te guarda, sé que desde allí me guiaste con tu luz. En los momentos más oscuros, sentí tu empujón de valentía, ese mismo que en vida me enseñó a perseverar. Este título, que no alcanzaste a ver, lo llevo con orgullo y lo dedico a tu memoria. Tu legado de fortaleza sigue vivo en mí, y prometo honrarlo en cada paso que dé. Te extraño, te llevo en el corazón y sé que, desde donde estés, sonrías por mí.

A mis hermanos “Pablo y Angel”, mis hermanos menores: Dedico este logro académico como testimonio de que la disciplina y el amor familiar son la base del éxito. Espero que mi camino les sirva de ejemplo para perseguir sus propias metas.”

Mi Chiquito “Ian Santiago” tú eres mi más grande fortaleza, Este título es tuyo, porque sin tu amor no habría encontrado el valor para terminarlo. Prometo seguir siendo tu ejemplo, como lo fuiste tú al enseñarme que el amor más puro es el de un hijo.

Y por último me dedico esta tesis a mí misma, a la mujer que fui en el año 2022, cuando con lágrimas en los ojos y un bebé creciendo en su vientre, tomó la decisión de aceptar un reto que parecía casi imposible. A esa versión de mi hoy le digo con orgullo “lo lograste”. Hoy dejo constancia de que un hijo jamás será un error, y mucho menos un impedimento para crecer y alcanzar los sueños

Shirley Nayeli Peñaherrera Velasco

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</i>	<i>ii</i>
<i>CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR</i>	<i>iii</i>

<i>AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</i>		
v		
<i>AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN</i>		vi
<i>AGRADECIMIENTO</i>		
ix		
		<i>DEDICATORIA</i>
.....		x
1.	<i>INFORMACIÓN</i>	<i>GENERAL</i>
	..... 1	
2.	<i>JUSTIFICACIÓN</i>	<i>DEL PROYECTO</i>
	..... 2	
3.	<i>BENEFICIARIOS</i>	<i>DEL PROYECTO</i>
	..... 2	
4.	<i>EL PROBLEMA</i>	<i>DE INVESTIGACIÓN</i>
	..... 2	
5.	<i>OBJETIVOS:</i>	3
	..... 3	
5.1	<i>Objetivo General</i>	3
5.2	<i>Objetivos Específicos</i>	3
	3	
6.	<i>ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS</i>	
	<i>PLANTEADOS</i>	
	3	
7.	<i>FUNDAMENTACIÓN</i>	<i>CIENTÍFICO TÉCNICA</i>
	..... 5	
7.1	<i>Suelo</i>	5
7.2	<i>Muestreo de suelo</i>	5
7.3	<i>Muestra compuesta</i>	6
	6	
7.4	<i>Muestreo en Zig-zag</i>	6
7.5	<i>Propiedades Físicas</i>	6
	6	

7.5.1	<i>Textura</i>	7	
7.5.2	<i>Estructura</i>	7	
7.5.3	<i>Densidad</i>	7	
7.5.4	<i>Densidad</i>	7	<i>Real</i>
7.5.5	<i>Densidad</i>	8	<i>aparente</i>
7.5.6	<i>Densidad con el hidrómetro</i>	8	<i>H152</i>
7.5.7	<i>Porosidad</i>	8	
7.6	<i>Propiedades químicas del suelo</i>	8	
7.6.1	<i>pH</i>	9	
7.6.2	<i>Capacidad de intercambio catiónico</i>	9	
7.6.3	<i>Materia Orgánica</i>	9	
7.6.4	<i>La incineración de materia orgánica</i>	9	
7.6.5	<i>Nutrientes</i>	9	
7.7	<i>La estabilidad de agregados</i>	10	
8.	<i>VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS</i>	10	
9.	<i>METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL</i>	10	
9.1	<i>Ubicación de la zona de estudio</i>	10	
9.2	<i>Fase Bibliográfica</i>	11	
9.3	<i>Fase de levantamiento de información</i>	12	
9.4	<i>Fase de campo</i>	13	

9.5	<i>Fase de laboratorio</i>	.....
	14		
9.6	<i>Propiedades Físicas del suelo</i>	.....	14
9.6.1	<i>Estructura del suelo</i>	.....	14
9.6.2	<i>Densidad real</i>	.....	16
9.6.3	<i>Densidad Aparente</i>	.....	18
9.6.4	<i>Porosidad</i>	.....	19
9.6.5	<i>Textura (densidad con el Hidrómetro)</i>	.....	20
	<i>Corrección de las lecturas del hidrómetro.</i>	.....	22
9.7	<i>Propiedades Química</i>	.....	24
9.7.1	<i>pH</i>	.....	24
9.7.2	<i>Nutrientes</i>	.....	26
9.7.3	<i>Materia orgánica</i>	.....	28
9.7.4	<i>Capacidad de intercambio catiónico</i>	.....	30
9.8	<i>Índice de estabilidad de agregados de suelo con la aplicación Slake</i>	.....	32
	<i>Metodología tecnológica móvil para la estabilidad de agregados</i>	.....	33
9.9	<i>Porcentaje de índice de error</i>	.....	33
9.10	<i>Chi-Cuadrado</i>	.....	35
10.	<i>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	.....
	35		
10.1	<i>Propiedades Físicas</i>	.....
	35		
10.1.1	<i>Estructura</i>	.....
	35		

10.1.2	Densidad Real	35
10.1.3	Densidad Aparente.....	36
10.1.4	Porosidad	36
10.1.5	Textura con la técnica del hidrómetro	37
10.2	Propiedad química	38
10.2.1	Potencial De Hidrógeno (pH)	38
10.2.2	Materia Orgánica	38
10.2.3	Nutrientes	39
10.2.4	Capacidad De Intercambio Catiónico	39
10.3	Estabilidad De Agregados	40
10.4	Eficiencia de los datos	40
10.5	Corroboración de datos	41
11.	CONCLUSIONES	42
12.	RECOMENDACIONES	42
13.	BIBLIOGRAFÍA	42
ÍNDICE DE TABLAS		
	Tabla 1: Objetivos, actividades, resultado de la actividad (técnicas e instrumentos).....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla 2: Características de los sitios de investigación	11
	Tabla 3: Matriz de evaluación de los lotes	11
	Tabla 4: Materiales y herramientas.....	14
	Tabla 5: Materiales y equipos	15
	Tabla 6: Clasificación del diámetro medio ponderado	16

<i>Tabla 7: Materiales</i>	16
<i>Tabla 8: Clasificación de la densidad real de los suelos</i>	18
<i>Tabla 9: Materiales y equipos</i>	18
<i>Tabla 10: Clasificación de la densidad aparente de los suelos</i>	20
<i>Tabla 11: Clasificación según el porcentaje poroso</i>	20
<i>Tabla 12: Materiales, equipos y reactivos</i>	21
<i>Tabla 13: Clasificación del Diámetro de las Partículas</i>	24
<i>Tabla 14: Materiales, equipos</i>	25
<i>Tabla 15: Interpretación del pH</i>	26
<i>Tabla 16: Materiales y equipos</i>	26
<i>Tabla 17: Escala de los nutrientes y conductividad eléctrica</i>	28
<i>Tabla 18: Materiales y equipos</i>	28
<i>Tabla 19: Porcentaje de materia orgánica del suelo (MO)</i>	30
<i>Tabla 20: Materiales reactivo y equipos</i>	31
<i>Tabla 21: Valores estimativos de la CIC</i>	33
<i>Tabla 22: Porcentaje de eficiencia</i>	35
<i>Tabla 23: Resultado de estructura</i>	36
<i>Tabla 24: Resultados de la densidad real</i>	36
<i>Tabla 25: Resultados de la densidad aparente</i>	37
<i>Tabla 26: Resultados de la porosidad</i>	38
<i>Tabla 27: Resultados de la textura</i>	38
<i>Tabla 28: Resultados del pH</i>	39
<i>Tabla 29: Resultados de materia orgánica</i>	39
<i>Tabla 30: Resultados de Nutrientes y C.E</i>	40
<i>Tabla 31: Resultados de la capacidad de intercambio catiónico</i>	41
<i>Tabla 32: Corroboración de datos</i>	42
<i>Tabla 33: Prueba Chi-Cuadrado</i>	43

ÍNDICE DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1: Recorrido en zigzag para el campo</i>	6
<i>Gráfico 2: Ubicación de área de estudio</i>	11
<i>Gráfico 3: Muestreo en campo</i>	14
<i>Gráfica 4: Estructura del suelo</i>	15
<i>Gráfico 5: Densidad Real</i>	17

Gráfico 6: Densidad Aparente	18
Gráfico 7: Textura	22
Gráfico 8: pH	25
Gráfico 9: Nutrientes y Conductividad eléctrica	27
Gráfico 10: Materia orgánica	29
Gráfico 11: Capacidad de intercambio catiónico	31
Gráfico 12: Estabilidad de agregados	33

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Corrección en Excel	23
Figura 2: Curva granulométrica	23
Figura 3: Triangulo de textura del suelo	24
Figura 4: Índice de estabilidad de agregados	40

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:**Fecha de inicio:**

Diciembre 2024

Fecha de finalización:

Junio 2025

Lugar de ejecución:

Sector Salache –Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga– Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Agronomía

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete Mg.

Coautor:

Lector 1: Ing. Karina Paola Marín Quevedo. Mg.

Lector 2: Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D

Lector 3: Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa Ph.D

Nombre: Shirley Nayeli Peñaherrera Velasco

Coordinador del Proyecto: NO APLICAA Área**de Conocimiento:**

Área agricultura-sub are agricultura, silvicultura agronomía

Línea de investigación:

Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

Sublíneas de investigación Agua

y suelo.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

Convenio

El trabajo de investigación se sustenta en el convenio de colaboración interinstitucional Universidad Técnica de Cotopaxi – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El análisis de suelo es una herramienta muy importante ya que es para diagnosticar problemas de nutrientes que pueda tener el suelo, poder hacer recomendaciones de fertilización dado los diferentes tipos de suelo, desempeñan un papel clave en la producción agrícola. La diferencia entre los tipos de suelo es muy importante ya que varía las propiedades del suelo como es: la humedad del suelo, la textura del suelo y por supuesto, la química del suelo determina que cultivos pueden desarrollarse en ciertas áreas y que rendimiento puede obtener los cultivos que se encuentren en cada tipo de suelos.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Responsables de los proyectos de agricultura y ganadería del centro de investigación de la facultad CAREN, 369 alumnos y 18 profesores de la carrera de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El estudio se realizará en cinco lotes pertenecientes a la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache. La falta de conocimiento detallado sobre las propiedades físico-químicas del suelo, aunque este suelo es un recurso vital para la institución y potencialmente para la comunidad local, actualmente tenemos una carencia de información sobre los lotes que se siembra pastos, específica sobre su composición, estructura y capacidad para soportar actividades agrícolas.

La degradación del suelo es uno de los principales problemas que se tiene ya que se refiere a la pérdida de las propiedades físicas, químicas, biológicas y ecológicas que tiene la tierra, puede ser debido a causas naturales o por el ser humano, el proceso de la degradación en el suelo es posible por agotamiento de los nutrientes y la materia orgánica, la acidificación, la erosión del suelo. (Kogut, 2023)

El impacto de la contaminación del suelo es causa de varias consecuencias, cambia la biodiversidad del suelo, ya que se reduce la materia orgánica que contiene y reduce su capacidad de filtrar. Además, se ve afectado el agua almacenada en el suelo y el agua subterránea causando un desajuste de los nutrientes. (FAO, 2018)

El no saber qué beneficios trae cada tipo de cultivo al suelo produce serios inconvenientes en la agricultura. Sin este conocimiento, resulta complicado organizar rotaciones y fertilizaciones correctas, lo que lleva a desequilibrios en los nutrientes, mayor erosión, compactación y disminución de la biodiversidad del suelo (Carranza- Patiño, 2024). Esto impacta negativamente en la productividad y la sostenibilidad a largo plazo, incrementando la necesidad de insumos externos y afectando la salud del agroecosistema.

5. OBJETIVOS:

5.1 Objetivo General

Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo en cinco lotes de la universidad técnica de Cotopaxi, campus Salache mediante el uso de técnicas básicas de laboratorio de suelos -2025.

5.2 Objetivos Específicos

- Determinar de las características físicas del suelo en diferentes lotes campus Salache.
- Determinar las características químicas del suelo en diferentes lotes campus Salache.
- Realizar el análisis comparativo del suelo en diferentes lotes con los resultados obtenidas de un laboratorio externo de suelo.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1:Objetivos, actividades, resultado de la actividad (técnicas e instrumentos)

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	ACTIVIDADES	METODOLOGIA	RESULTADOS

<ul style="list-style-type: none"> • Determinar de las características físicas del suelo en diferentes lotes campus Salache. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo del suelo. • Características físicas de los lotes. • Interpretación y validación de resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa con ubicación exacta de los lotes. • Recolección de muestras en zig-zag. • Determinación de textura. • Densidad aparente, densidad real • Porosidad y estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de datos. • Recomendaciones.
<p>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</p>	<p>ACTIVIDADES</p>	<p>METODOLOGÍA</p>	<p>RESULTADOS</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características químicas del suelo en diferentes lotes campus Salache. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo • Características químicas de los lotes. • Interpretación de resultados • Validación con laboratorio externo (INIAP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa con ubicación exacta de los lotes. • Muestras representativas de cada lote • Ph, materia orgánica, nutrientes, capacidad de intercambio catiónico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe técnico con tablas comparativas. • Fotos • Gráficos y recomendaciones

OBJETIVO ESPECIFICO 3	ACTIVIDADES	METODOLOGIA	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> Realizar el análisis comparativo del suelo en diferentes lotes con los resultados obtenidas de un laboratorio externo de suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> Recolectar muestras de suelo Enviar muestras a un laboratorio externo acreditado. Recibir y revisar los resultados del laboratorio INIAP 	<ul style="list-style-type: none"> Muestreo en zig-zag de los lotes. Selección de laboratorio acreditado (INIAP). Elaboración de un cuadro comparativo. 	<ul style="list-style-type: none"> Cuadro comparativo de los resultados obtenidos.

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Suelo

El suelo representa la capa más externa de la corteza terrestre, formada principalmente por fragmentos de roca que proceden de procesos de erosión y otras transformaciones físicas y químicas, además de incluir materia orgánica derivada de la actividad biológica que ocurre en la superficie. (Etecé, 2025)

El suelo sirve como fundamento para la implementación de proyectos agrícolas, ganaderos, forestales y de edificación. Antes de decidir el uso del suelo, es fundamental comprender sus características. Al planificar cultivos agrícolas o pastos, es necesario analizar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo (Jaramillo, 2022).

7.2 Muestreo de suelo

La muestra se compone de segmentos de tierra (submuestras) recolectadas siguiendo un patrón en un terreno uniforme. Es fundamental que la muestra de suelo

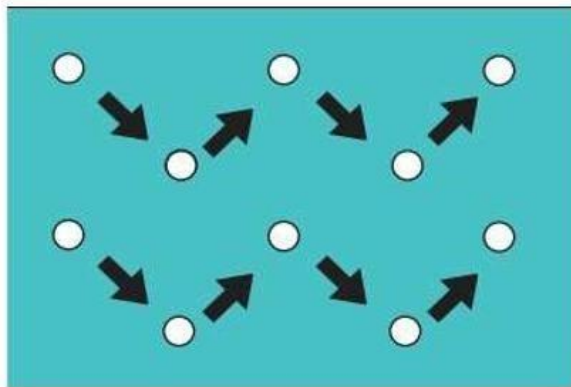
represente adecuadamente el área que se quiere analizar y que muestre la tendencia de composición en lugar de solo el promedio (Guía para muestreo de suelos, 2020).

7.3 Muestra compuesta

Es un grupo de muestras simples (submuestras) que se combinan adecuadamente y se envían al laboratorio para su análisis correspondiente. El resultado obtenido es un valor promedio relacionado con la propiedad o el compuesto que se ha estudiado. La cantidad de submuestras dependerá de la diversidad de la sustancia o característica que se va a evaluar en la zona de estudio, y presenta la ventaja de facilitar un muestreo más amplio sin incrementar la cantidad de muestras para analizar (Reynaldo B. Mendoza y Ariel Espinoza, 2017).

7.4 Muestreo en Zig-zag

Una vez que se elige el lote, otra manera de recoger las submuestras en el terreno es de forma zigzagueante; se trata de trazar líneas entrecruzadas desde cada punto de muestreo seleccionado. Este proceso se repite para cada lote establecido en la propiedad. Se juntan las submuestras y luego se combinan para crear una muestra que sea representativa. Esta técnica se utiliza en terrenos que son muy homogéneos y nivelados; comunes en cultivos anuales, pastizales y plantas semi perennes. (Espinoza) **Gráfico 1: Recorrido en zigzag para el campo**



Fuente: (Efraín Oses, 2023)

7.5 Propiedades Físicas

Las características físicas de los suelos juegan un papel crucial en la habilidad de múltiples aplicaciones que los seres humanos les otorgan. El estado físico de un suelo influye en su dureza y capacidad de soporte, así como en la facilidad con la que las raíces pueden penetrar, la circulación del aire, la habilidad para drenar y almacenar agua, la

plasticidad y la conservación de nutrientes. Es fundamental que quienes se dedican al aprovechamiento de la tierra comprendan las características físicas del suelo para poder evaluar cómo afectan el desarrollo de las plantas, de qué manera la actividad humana puede alterarlas y reconocer la relevancia de preservar las mejores condiciones físicas del suelo (Leon).

7.5.1 Textura

La textura refleja la proporción de partículas de distintos tamaños, tales como arena, limo y arcilla, presentes en el terreno. La textura está relacionada con lo sencillo que es manipular el suelo, la cantidad de agua y aire que puede almacenar, así como la rapidez con la que el agua se infiltra y circula a través del suelo (FAO, 2023).

7.5.2 Estructura

La composición del suelo se establece por la manera en que se organizan las partículas de arena, limo y arcilla. Al unirse estas partículas, parecen ser partículas más grandes y se les llama agregados (FAO, 2024).

7.5.3 Densidad

La densidad del terreno es un indicador que muestra cuán compactas están las partículas que lo integran, lo que impacta su habilidad para conservar agua y nutrientes. Se calcula como la masa del terreno separada de su volumen, comúnmente expresada en gramos por centímetro cúbico. Este es un aspecto fundamental en la agricultura y la edificación, ya que afecta el desarrollo de las plantas y la solidez estructural (StudySmarter, 2024).

7.5.4 Densidad Real

La densidad real de los suelos corresponde a la relación masa/volumen de la totalidad de las partículas sólidas que corresponden al suelo; expresada como la razón entre la masa de las partículas (M_s) y su volumen (V_s), excluyendo los espacios porosos entre las partículas (Ortiz, 2017).

La densidad genuina de las partículas pesadas del suelo cambia según la mezcla de componentes que forman el suelo y, generalmente, se sitúa cerca de 2,65. Un alto valor de densidad aparente sugiere que el suelo es denso o que tiene un alto contenido de partículas como la arena (FAO, 2025).

7.5.5 Densidad aparente

La densidad aparente de un material o objeto se define como la proporción entre su volumen y su peso en seco, considerando los espacios y poros que pueda tener, ya sean visibles o no. Esta noción se utiliza en el ámbito de la geología y también en la Teoría de los Materiales. En el caso de un mismo tipo de suelo, puede ser un buen indicador del nivel de compactación. Normalmente, los valores de densidad aparente, cuando se toman de manera aislada, solo deben ser utilizados para rastrear el progreso de la compactación en un suelo específico (Alayo, 2020).

7.5.6 Densidad con el hidrómetro H152

El método del hidrómetro es una técnica frecuentemente empleada para medir de manera precisa la distribución del tamaño de partículas en una muestra de tierra. Tal como su nombre sugiere, se usa un hidrómetro; este dispositivo es un instrumento que mide la densidad relativa de un líquido (Bowen, 2022).

7.5.7 Porosidad

La porosidad hace referencia a la proporción de espacio vacío en el suelo. Esta característica define la cantidad de agua y aire que el suelo puede almacenar. La porosidad óptima del suelo es aproximadamente del 50%, lo que indica que la mitad del volumen del suelo está formada por áreas ocupadas por aire y agua (Southern Scientific, 2025).

La porosidad del suelo se refiere al total del espacio que es poroso o a la cantidad de poros existentes entre las partículas sólidas, ya sean orgánicas o inorgánicas, del suelo (Miguel, 2016).

7.6 Propiedades químicas del suelo

Las características químicas se pueden notar o señalar cuando hay una alteración en la composición inicial, convirtiéndose en una nueva. Este proceso genera una alteración en los enlaces químicos al interactuar con otras sustancias que reaccionan (Rhoton, 2022).

7.6.1 pH

El pH es una característica del suelo que muestra la habilidad de las partículas del mismo para captar iones de hidrógeno (H^+), lo que decide si un suelo tiene un carácter ácido o alcalino. Esta característica afecta la solubilidad, el movimiento, y la disponibilidad de nutrientes, así como otros elementos inorgánicos que se encuentran en

el suelo. El rango habitual de pH en el suelo varía de 3.5 (extremadamente ácido) a 9.5 (extremadamente alcalino) (Ramirez, 2019).

7.6.2 Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio de cationes del suelo esta característica química del suelo se relaciona con la cantidad total de cargas negativas que están presentes en la superficie de las partículas del mismo. También se puede describir como el número total de cationes que un suelo específico puede o es capaz de mantener (carga negativa total). Entender la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de un suelo es esencial, ya que este dato comunica el potencial del suelo para guardar y cambiar nutrientes. Además, la CIC influye directamente en la cantidad y en la frecuencia con la que se aplican los fertilizantes (Castellanos, 2015).

7.6.3 Materia Orgánica

La materia orgánica presente en los suelos se forma a partir de la descomposición química de las heces de animales y microorganismos, así como de los restos de plantas o de la descomposición de alguno de estos elementos (Dilma, 2017).

7.6.4 La incineración de materia orgánica

Implica su combustión a altas temperaturas (800-1200°C), transformándola en gases (CO₂, metano, óxidos de nitrógeno), cenizas y compuestos tóxicos como dioxinas (Nathaly, 2023).

7.6.5 Nutrientes

Los átomos que se encuentran en la tierra son sustancias que están en su humedad y son fundamentales para el correcto crecimiento y desarrollo de las plantas. Hay trece minerales que son imprescindibles (Articulos , 2022).

Las plantas necesitan una cantidad adecuada y necesaria de nutrientes para poder vivir, crecer y reproducirse. Cuando no se obtienen los nutrientes que requieren, muestran signos de mala salud enfermedades. Tanto tener demasiados como muy pocos de estos elementos pueden causar problemas.

Los macronutrientes son elementos que las plantas necesitan en grandes cantidades. Entre los macronutrientes están el nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo.

Los micronutrientes son sustancias que se requieren en pequeñas cantidades, tales como hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, cloro y molibdeno. Estos nutrientes, como los macronutrientes y los micronutrientes, se pueden encontrar de forma natural en el suelo.

7.7 La estabilidad de agregados

Es un signo fundamental de la calidad física del terreno, que se describe como la capacidad de los agregados para resistir su descomposición bajo influencias externas (golpes de lluvia, trabajo del suelo) o internas (expansión por humedad). Para llevar a cabo su análisis, el procedimiento del slake test evalúa la descomposición de los agregados secos al introducirlos en agua, observando la velocidad de colapso estructural, lo que indica la vulnerabilidad a la erosión (Salton, 2022).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

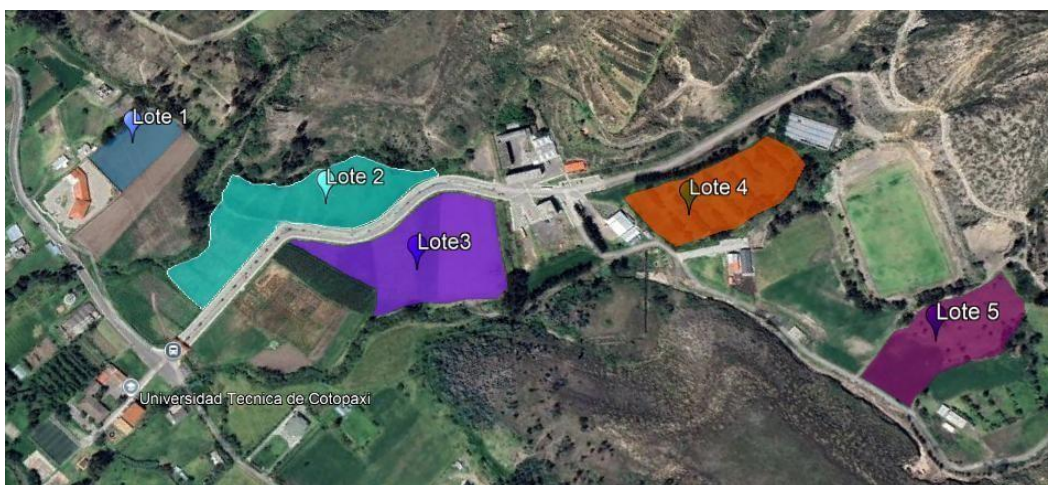
¿Se pueden analizar las propiedades físicas y químicas de cinco lotes del campus Salache, mediante la realización de técnicas básicas en el laboratorio?

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Ubicación de la zona de estudio

La presente investigación se encuentra ubicada al Suroeste de la provincia de Cotopaxi, en el Sector Salache perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro, tiene coordenadas geográficas de aproximadamente $0^{\circ}59'14''$ S y $78^{\circ}37'14''$ O.

Gráfico 2: Ubicación de área de estudio



Lote 1 (7) Área: 4,623m²

Lote 2 (5y9) Área: 15.576m²

Lote 3 (10) Área: 15.866 m²

Lote 4 (14) Área: 11.594 m²

Lote 5 (16) Área: 9.238 m²

Tabla 2: Características de los sitios de investigación

LOTES	
Provincia	Cotopaxi
Cantón	Latacunga
Parroquia	Eloy Alfaro
Latitud	-1.001.720
Longitud	-78.620.081

9.2 Fase Bibliográfica

Mediante una revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis se pudo determinar la utilización de nueve prácticas básicas para poder determinar propiedades físicas y químicas en el laboratorio como es el pH, estructura del suelo, densidad real, densidad aparente, porosidad, densidad de hidrómetro, materia orgánica, extracción de pasta saturada y capacidad de intercambio catiónico.

9.3 Fase de levantamiento de información

Con ayuda de una encuesta se determino la Historial de uso de cada lote en el año 2022 y 2025, manejo agrícola, aplicaciones de fertilizante y el riego que tiene cada lote de la universidad técnica de Cotopaxi campus Salache.

Tabla 3: Matriz de evaluación de los lotes

Matriz de Evaluación de Antecedentes del Lote Método de		
Categoría	2022	2025
	verificación	

1. Historial de Uso	Lote 1		Alfalfa, vicia, avena ryegrass anual, ryegrass perenne, trébol rojo y trébol blanco.	Alfalfa, ryegrass anual, ryegrass perenne, trébol rojo, trébol blanco y llantén.
	Lote 2	Entrevista	Alfalfa, vicia, avena ryegrass anual, ryegrass perenne, trébol rojo y trébol blanco.	Alfalfa, ryegrass anual, ryegrass perenne, trébol rojo, trébol blanco y llantén.
	Lote3		Alfalfa, vicia, avena ryegrass anual, ryegrass perenne, trébol rojo y trébol blanco.	Alfalfa, ryegrass anual, ryegrass perenne, trébol rojo, trébol blanco y llantén.
	Lote 4		descansado 3 años	Potrero
	Lote 5		Alfalfa, vicia, avena trébol rojo y trébol blanco	Alfalfa, ryegrass anual, ryegrass perenne, trébol rojo, trébol blanco y llantén.
2. Manejo Agrícola	Lote 1		Maquinaria	
	Lote 2		Maquinaria	
	Lote3	entrevista	Maquinaria	
	Lote 4		Maquinaria	
	Lote 5		Maquinaria	

	Lote 1		Urea, bluecell, 18-46-0 y papa aporque
	Lote 2		
3.	Lote3	entrevista	
Aplicaciones	Lote 4		nada
	Lote 5		abono de vaca, 15-15-15
	Lote 1		miércoles y jueves por inundación
	Lote 2		
4, riego	Lote3	entrevista	
	Lote 4		lunes martes y jueves por aspersión
	Lote 5		

9.4 Fase de campo

La presente investigación se realizó una zonificación de cinco lotes de terreno número 7,9,10,14,16 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache con ayuda del GPS se tomaron los puntos para delimitar el área de estudio adicionalmente se realizó una ficha técnica donde se registraron los antecedentes del cultivo y los cultivos existentes en los lotes.

El método a utilizar en la investigación como primer aspecto importante es el recorrido en zigzag porque es fundamental para el muestreo de suelos, procedemos a seleccionarse 6 puntos de muestreo distribuido en zigzag en cada lote de terreno, con la ayuda de una pala excavar a una profundidad de 30cm.

Recolectamos las 6 muestras de cada lote de terreno en un balde limpio procedemos a mezclar para realizar una muestra compuesta,

De las muestras de suelo fueron enfundadas y etiquetadas, 2 kg de cada lote se dividió 1 kg para analizar en el laboratorio del INIAP y el otro 1kg fue transportado para analizar las técnicas básicas de laboratorio de suelos del campus Salache se dejó las muestras de los cinco lotes, para una mejor aireación se procedió a dejar las muestras de

suelo afuera de las fundas sobre bandejas para que estén a temperatura ambiente durante 24 horas.

Tabla 4: *Materiales y herramientas*

Materiales	Herramientas
Etiqueta	Balde limpio
Bolsas plásticas transparentes	Cámara Fotográfica
Marcador	Balanza
Guantes	Pala

Gráfico 3: *Muestreo en campo*



9.5 Fase de laboratorio

En esta fase las muestras de los lotes de terreno se llevaron al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la facultada de Ciencia Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN) se realizó las practicas básica de análisis de suelo; tomando en cuenta la guía implantada, para poder cumplir con el orden planeado y no alterar los resultados para esto se realizó una revisión de los: quipos, materiales y reactivos que vayamos a ocupar.

9.6 Propiedades Físicas del suelo

9.6.1 Estructura del suelo

Para poder calcular o determinar la textura del suelo se puede realizar la técnica de la escala de tamizado en seco, que se basa en utilizar una escala de tamices de mayor

a menor, para poder realizar se necesita de los siguientes materiales y pasos. (Montoya, 2021)

Tabla 5: Materiales y equipos

MATERIALES	EQUIPOS
Juego de tamiz	Balanza
Brocha	Tamizador
Papel aluminio	

Procedimiento

- Ordenar los diferentes tamices de mayor a menos con una bandeja al final.
- Una vez ordenado los tamices se procede a colocar la muestra de suelo en el primer tamiz.
- Se procede agitar los tamices en este caso se puede realizar en forma manual o en la tamizadora durante 5 min
- Realizar unos pequeños platos de aluminio y colocamos el suelo retenido en cada tamiz así para poder obtener el peso de cada uno de los tamices.

Gráfica 4: Estructura del suelo



Fórmula para calcular la estructura

$$DMP = \frac{M_{ssi\%} \times Xi}{100}$$

Donde:

$M_{ssi}\%$ = Porcentaje de los agregados retenidos en cada tamiz

X_i = Diámetro medio en cada tamiz

Interpretacion

Tabla 6: Clasificación del diámetro medio ponderado

CALIFICACIÓN DEL DIÁMETRO MEDIO PONDERADO	
DMP (mm)	Estabilidad estructural
>0.5	Inestable
0.5 – 1.5	Ligeramente estable
1.5 – 3.0	Moderadamente estable
3.0 – 5.0	Estable
<5	Muy estable

Fuente: (Gómez, 2013)

9.6.2 Densidad real

Para utilizar la técnica del picnometro que consiste en interpretar el volumen real ocupado por las partículas del suelo, la densidad real se puede medir en g/mc³ para poder realizar se necesita los siguientes materiales y pasos. (J Medina-Méndez, 2006)

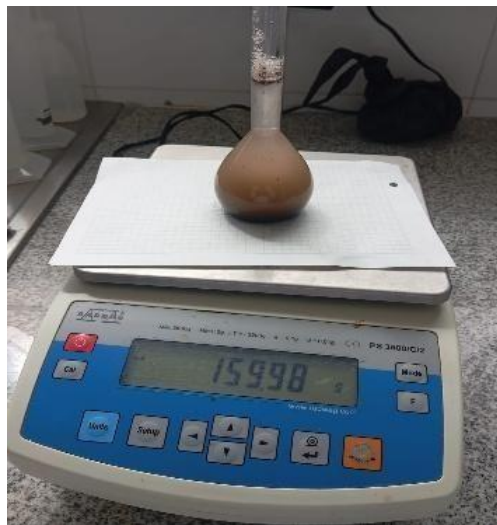
Tabla 7: Materiales

MATERIALES	
Tamices, de 2mm	Embudo
Agua destilada	Balón aforado de 100mL
Probeta aforada de 100 ml	Pipeta graduada de 10mL

Procedimiento

- Para poder calcular la densidad real se debe preparar la muestra, primero se deja reposar la muestra durante 24 horas, se tamiza la muestra utilizando el tamiz #10.
- Posteriormente se pesa 20gr de suelo con ayuda de una balanza analítica.
- En el balón aforado de 100ml con la ayuda de una pipeta, se añade agua destilada hasta alcanzar el aforamiento, se anota en peso obtenido.
- El agua destilada que se encuentra en el balón aforado se vierte 60ml en una probeta aforada de 100ml.
- Con un embudo se introduce el suelo en el balón aforado de 100ml, se añade agua destilada hasta el aforamiento y anotar el peso del balón, más agua destilada y más el suelo.
- Con la ayuda de la fórmula podemos calcular el volumen para así obtener la densidad real

Gráfico 5: Densidad Real



$$\text{Volumen}(cm^3) = P2 - (P3 - P1)$$

Donde:

P1= Peso del suelo

P2= Peso del balón, más agua destilada

P3= Peso del balón, más agua destilada, más suelo

Formula Dr

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

Donde:

M= Masa P1 g

V= Volumen cm³

Interpretación

Tabla 8: Clasificación de la densidad real de los suelos

Densidad real (g/cm ³)	Clasificación
	Muy bajo < 2.4
2.4 - 2.60	Bajo
2.60 – 2.80	Medio
>2.80	Alto

Fuente: (J Medina-Méndez, 2006)

9.6.3 Densidad Aparente

Para obtener resultados de la densidad aparente del suelo es fundamental la estufa, ya que este proceso nos permite evaluar la resistencia del suelo.

Tabla 9: Materiales y equipos

MATERIALES	EQUIPOS
Recipientes metálicos	Estufa
Probetas aforadas de 50 ml	Balanza analítica Desecador de vidrio

Procedimiento

- El suelo se coloca en un recipiente metálico y se deja secar en una estufa a 105C durante una hora.
- La muestra se enfría en un desecador de vidrio.

- Se cierte el suelo en una probeta de 50ml hasta la mitad (25ml) y pesar.
- Con la siguiente formula se logró obtener los resultados de la densidad aparente

Gráfico 6: Densidad Aparente



Fórmula para calcular el volumen

$$V = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times h$$

Donde

$$\pi = 3.1416$$

d = Diámetro (cm)

h = Altura (cm)

Fórmula para calcular la densidad aparente

$$Da = \frac{M}{V}$$

Donde

M: Masa (gr)

V: Volumen (cm³)

Interpretación

Tabla 10: Clasificación de la densidad aparente de los suelos

Densidad aparente (g/cm ³)	Clasificación
<1.0	Muy bajo
1.0 – 1.2	Bajo
1.2 – 1.45	Medio
1.45 –1.60	Alto
> 1.60	Muy alto

Fuente: (Perea, 2021)

9.6.4 Porosidad

Para obtener los resultados de la porosidad del suelo se realizó el cálculo de la densidad real con la densidad aparente ya que la porosidad representa el espacio vacío entre las partículas del suelo, para determinar la porosidad aplicamos la formula:

Formula

$$Po = \frac{Dr - Da}{Dr} \times 100$$

Donde:

Dr: Densidad real

Da: Densidad aparente

Interpretación

Tabla 11: Clasificación según el porcentaje poroso.

% Porosidad (Po)	Comportamiento
> 70	Porosidad excesiva, suelo muy esponjoso
55 – 70	Porosidad excelente
50 – 55	Porosidad satisfactoria para capa arable
< 50	Porosidad escasa para capa arable
40 – 25	Porosidad muy baja, problema de asfixia radicular

Fuente: (González Cueto, Iglesias Coronel, Herrera Suárez, & López Bravo, 2008)

9.6.5 Textura (densidad con el Hidrómetro)

La textura se determina mediante el método del densímetro de Bouyoucos y el representa el contenido relativo de partículas de diferente tamaño como arena, limo y arcilla del suelo, que permanece en suspensión en un determinado tiempo, lo cual nos ayuda a determinar la textura, que consta de los siguientes materiales, equipos y reactivos. (González, 2007)

El hidrómetro es un dispositivo que permite medir la densidad de la solución en la cual se suspende.

Tabla 12: *Materiales, equipos y reactivos*

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVO
Agua destilada	Balanza	Hexametáfosfato
Papel film		
Cronometro		
2 probetas aforadas de 1000 ml		
Hidrómetro H152		
Termómetro		
Agitador de vidrio		
Vaso de precipitación		

Preparación de la muestra

La cantidad requerida para suelos arenosos es de 75g, mientras que para suelos limos y arcillas es de 50 g se deja reposar la muestra 24 horas antes del procedimiento.

Las muestras de estos suelos deben ser conservadas con su contenido de humedad natural

Procedimiento

- En un vaso precipitado de 1000 mL colocar 10 g Hexametáfosfato de sodio y en una probeta aforada de 1000 mL se dispone 125 mL de agua destilada.
- Se añade los 125 mL de agua destilada en el vaso precipitado de los 10 g Hexametáfosfato de sodio, con ayuda de un agitador de vidrio disolver completamente el Hexametáfosfato en la solución.

- Una vez preparada la solución añadir el suelo y se mezcla uniforme con un agitador por 10 minutos, se deja* reposar esta solución por un periodo de 'p24 horas (Para que el Hexametfosfato de sodio separe o disperse todas las partículas).
- En otra probeta de 1000 mL colocar 750 mL de agua destilada y 30 g Hexametfosfato de sodio, con un agitador de vidrio, disolver bien el Hexametfosfato en la solución. En esta solución reposara el hidrómetro hasta el momento de su uso.
- En una segunda probeta aforada de 1000 mL colocar 125 mL de agua destilada y 10 g Hexametfosfato de sodio con ayuda de un agitador de vidrio, disolver bien el Hexametfosfato, esta solución preparada añadirla en la solución reposada la cual se encuentra en el vaso precipitado con ayuda de un agitador de vidrio realizar un mezclado por 1 minuto.
- La solución resultante verter en la probeta de 1000 mL, ya que quedara resto de suelo en el vaso precipitado usar agua destilada para hacer un enjuague total y verter en la probeta, realizar el enjuague 3 veces hasta que la probeta llegue a línea de aforo de los 1000mL
- Utilizar papel film para sellar la boca de la probeta para realizar la respectiva agitación.
- El proceso de agitación se realizará de forma horizontal por 1 minuto, transcurrido este tiempo de agitación se colocará la probeta verticalmente.
- Tomar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución preparada con suelo.
- Desde este instante con ayuda de un cronometro tomar lectura transcurrido 1,2,30 y 60 minutos, a su vez con un termómetro tomar la temperatura transcurrido 1,2,30 y 60 minutos.
- Sacar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución de agua destilada con Hexametfosfato de sodio durante 30 minutos para limpiar partículas.
- Transcurrido los 30 minutos tomar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución con suelo, con un cronometro tomar lectura transcurrido 120, 180, 240, 300, 360, 480 minutos y a su vez con un termómetro tomar la temperatura.

Gráfico 7: Textura



Corrección de las lecturas del hidrómetro.

Antes de iniciar con los cálculos, las lecturas de hidrómetro se deben corregir por menisco, temperatura, defloculante y punto cero.

Figura 1: Corrección en Excel

Masa del suelo 50 g	Tipo de hidrometro	Gravedad específica (Gs)				2,67	Corrección por agente flocculante y punto cero (g/L) (Cd)				6,7
Tiempo (min)	Temperatura C	Lectura del Hidrometro (R)	Corrección del hidrometro (Rcp)	Profundidad Efectiva mm (L)	Diametro de las partículas mm	Corrección de temperatura (Ct)	R corregida	%Pasante	K		
1	19	46	47	86	0,041	-0,3	40	79,6384589	0,0044		
2	19	40	41	96	0,030	-0,3	34	67,6926901	0,0044		
10	19	29	30	114	0,015	-0,3	23	45,7921139	0,0044		
15	19	25	26	120	0,012	-0,3	19	37,828268	0,0044		
30	19	23	24	124	0,009	-0,3	17	33,846345	0,0044		
60	19	20	21	129	0,006	-0,3	14	27,8734606	0,0044		
250	20	15	16	137	0,003	0	9,3	18,5159417	0,0043		
384	20	15	16	137	0,003	0	9,3	18,5159417	0,0043		
470	20	14	15	138	0,002	0	8,3	16,5249802	0,0043		
1326	17	13	14	140	0,001	-0,8	6,5	12,9412496	0,0046		
					EJE X						EJE Y
TABLA 1		DIAMETRO DE PARTICULAS			Gravedad específica y temperatura				TABLA 2 Valores del K para el cálculo del diámetro de Partículas		TABLA 3 Valores

Relación constante: $0.5\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ ----- } 0.2\text{ g/13}$

Porcentaje:

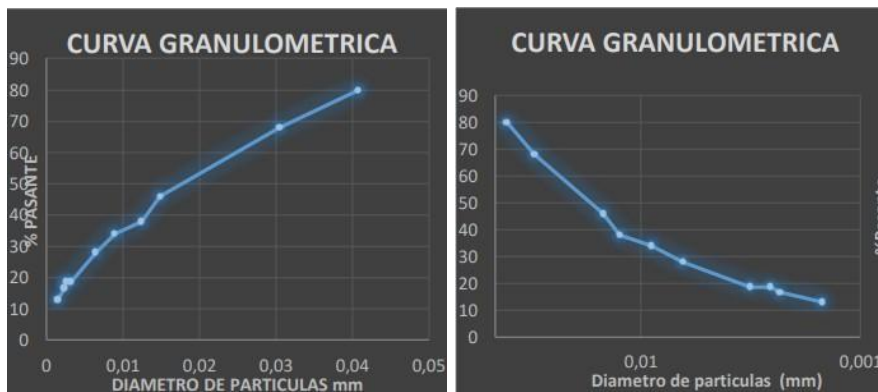
% Arena: $100 - (DC1/Pm*100)$

% Arcilla: $(DC2 / Pm *100)$

% Limo: $100 - \% \text{ arena} - \% \text{ arcilla}$

Curva granulométrica corregida para una interpretación correcta.

Figura 2: Curva granulométrica



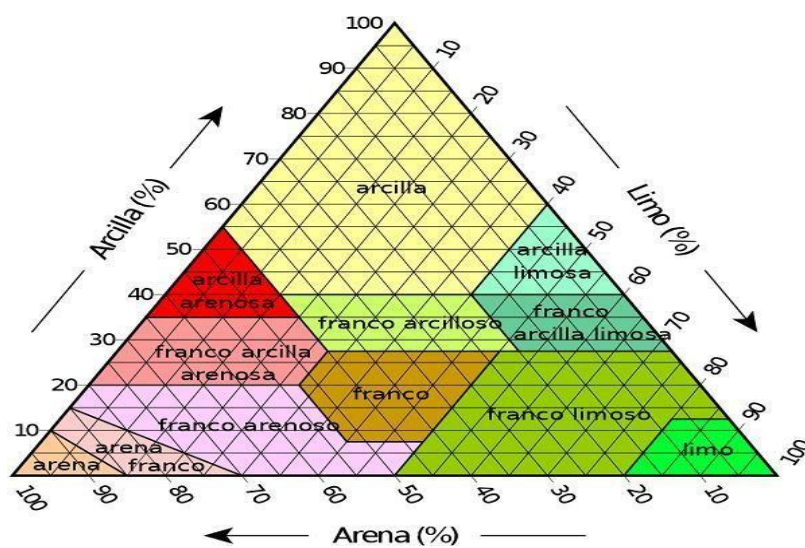
Interpretación

Tabla 13: Clasificación del Diámetro de las Partículas

Clasificación Textural	Diámetro de las partículas (mm)
Arcillas	< 0,002
Limo	0.002 – 0.005
Arena	0.005 – 2

Fuente: (Hanoi Medina González, 2007)

Figura 3: Triangulo de textura del suelo



Fuente: (Ciancaglini, 2020)

El triángulo de textura del suelo es un recurso que se emplea para categorizar la textura de lotes de terreno, considerando las cantidades de arena, limo y arcilla que contiene. Esta categorización es esencial para entender cómo se comporta el suelo respecto al agua, aire y nutrientes, lo cual es importante para la agricultura y otras prácticas vinculadas al suelo.

9.7 Propiedades Química

9.7.1 pH

El pH se determina utilizando un pH metro digital, agua destilada y soluciones buffer con valores de pH 7.04 y 4, para ellos se prepara una muestra de suelo en extracto acuoso, permitiendo obtener mediciones representativas del potencial de hidrogeno (pH), que consta de los siguientes materiales, equipos y pasos. (Millán, Prato, La Cruz, & Sánchez, 2018)

Tabla 14: Materiales, equipos

	EQUIPOS	MATERIALES
Vasos de precipitado de 50 ml	Balanza analítica	
Frasco lavador	Agitador magnético	
Agua destilada	pH-metro	

Procedimiento

- Pesar 10g de suelo seco al aire, después se procede a tamizar en un tamiz de 2mm
- Una vez tamizado introducir la muestra en un vaso de precipitación de 50ml.
- Posteriormente añadir 25ml de agua destilada
- Una vez añadida el agua agitar la suspensión durante 5 minutos y dejar reposar durante 30 minutos para de esta manera lograra el equilibrio iónico.
- Con ayuda de agua destilada lavamos el pH- metro para que se calibre.
- Con el pH calibrado, una vez transcurrido los 30 minutos, introducir el pH-metro el número que sea constante será el valor de la solución

Gráfico 8: pH



Interpretación

Tabla 15: Interpretación del pH

Interpretación de resultados de pH	
pH en agua	Evaluación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Moderadamente básico
8,5 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 -10,0	Alcalino
>10,0	Fuertemente alcalino

Fuente: (Millán, Prato, La Cruz, & Sánchez, 2018)

9.7.2 Nutrientes

"Pasta saturada" se refiere al extracto de pasta saturada, un método utilizado en análisis de suelos para determinar la concentración de iones en la solución del suelo. Este método es importante para entender la disponibilidad de nutrientes como: K, Ca, Na, NO_3 y conductividad se realizó con los siguientes materiales y pasos. (Ago Lab, 2025)

Tabla 16: Materiales y equipos

MATERIALES	EQUIPOS
Tamiz	Ionómeros
Agua destilada	Balanza analítica
Botellas de plástico 500ml	Embudo buchner
Papel film	Espátula
Papel filtro	Capsula de porcelana
	Kitasato, Bomba de vacío

Procedimiento

Preparación de la muestra

Recoger la muestra de suelo 300gr en campo mantener en reposo durante 24 horas antes del procedimiento a continuación tamizar la muestra

Procedimiento

- Pesar la muestra de suelo 200 gr de muestra de suelo
- Colocar en la capsula de porcelana la muestra del suelo previamente pesada
- Elaborar una muestra de lodo con agua destilada, mezclar con la espátula concienzudamente, la mezcla debe dar como resultado una pasta brillante, debe deslizarse ligeramente en las paredes de la capsula de porcelana (o a su vez realizar un corte transversal en la mezcla si la mezcla se cierra y la línea sigue diremos que es válida).
- Se procede a tapar la mezcla con fil transparente y se procede a dejar en reposo de dos horas
- Comprobar el estado de saturación (cantidad máxima de agua que puede retener el suelo) si existe agua en la parte superior este saturado caso contrario necesita q se hallada más agua (anotar el agua que se añada) en caso de necesitar más agua dejar reposas 24 horas la pasta previamente tapada
- Colocar un papel filtro de la medida del embudo, este papel evitara perdidas en el proceso de extracción a continuación, verter la pasta previamente reposada en el embudo buchner y colocar en la bomba de vacío
- Extraer la muestra de la botella de vidrio en una de plástico.
- Proceder a colocar 3 gotas en los Ionómeros para poder determinar cada uno de los parámetros a medir.

Gráfico 9: Nutrientes y Conductividad eléctrica

Interpretación

Tabla 17: Escala de los nutrientes y conductividad eléctrica

Nutrientes	Niveles en ug/ml		
	Bajo	Medio	Alto
Potasio(k)	<76	76-150	>150
Calcio (Ca)	< 41	41-140	>140
Sodio (Na)	<16 cmol/kg o meq/100gr	16-30 cmol/kg o meq/100gr	>31cmol/kg o meq/100gr
Conductividad Eléctrica	<500 dSm-1	500-1000 dSm-1	>1000 dSm-1

9.7.3 Materia orgánica

La técnica es por incineración para determinar el porcentaje de materia orgánica consiste en someter la muestra de suelo durante 2 horas a una temperatura de 430°C dentro de una estufa, ya que así nos permitirá calcular la materia orgánica a partir del peso de carbono orgánico combustionado. Esta metodología es ambientalmente amigable, ya que no se requiere el uso de reactivos químicos y se realiza empleando los siguientes materiales, equipos y pasos. (Barrezueta-Unda, 2020)

Tabla 18: Materiales y equipos

MATERIALES	EQUIPOS
Tamiz #10	Desecador de vidrio
Espátula	Balanza analítica

Crisoles de porcelana de 50 ml

Quemador o mufla

Guantes térmicos Estufa

Estufa

Pinzas

Procedimiento

Preparación de la muestra

- Pesar 100gr de suelo y posteriormente tamizar a 2mm
- Se introduce la muestra tamizada en una estufa a 105°C durante 24 horas. (Esto es para poder eliminar la humedad del suelo, para asegurarnos que la pérdida de peso que sufra la muestra de suelo en la mufla, corresponda únicamente a la calcinación de la materia orgánica).
- Si la muestra fue recolectada con anterioridad y ha estado expuesto al aire libre por más de 24horas, no se debe someter a la estufa porque alteraríamos el resultado de porcentaje de materia orgánica del suelo.

Preparación de los crisoles

- Introducir los crisoles de 50ml dentro de la mufla durante 2 horas a una temperatura de 430 °C. esto ayuda para eliminar la humedad de los crisoles.
- Utilizando los guantes térmicos para sacar los crisoles de la mufla con ayuda de las pinzas.
- Colocar los crisoles directo al desecador hasta que alcance temperatura ambiente.
- A continuación, pasar los crisoles en las balanzas analítica de precisión y así estableciendo el peso del crisol total.
- Posteriormente anotar el peso total de cada crisol
- Finalmente enmarcar con ayuda de un lápiz cada crisol porque cada crisol tiene su peso.

Procedimiento

- Una vez que los crisoles han sido enfriados y su peso registrado, pesar 5gr del suelo en la balanza analítica de precisión, de los 100gr del suelo tamizado y seco a 105 °C dentro de la estufa.
- Posteriormente, poner los crisoles con 5 gr del suelo en cada crisol
- Por último, pesar de nuevo la muestra y anotarlo.

Gráfico 10: Materia orgánica



Formula

$$\text{Peso } 105^{\circ}\text{C (gr)} = \text{Peso crisol total (gr)} + \text{Peso suelo seco (gr)}$$

$$\% \text{ materia orgánica} = \frac{(\text{Peso } 105^{\circ}\text{C (gr)} - \text{Peso } 430^{\circ}\text{C (gr)})}{\text{Peso } 430^{\circ}\text{C (gr)}} * 100$$

Donde:

Peso 105°C (gr)

Peso crisol total (gr) = Peso anotado sin humedad del crisol.

Peso suelo seco: 5 gr de suelo provenientes de los 100 gr de la muestra seca a 105°C por 24 horas.

Donde:

Peso 430°C (gr)

Peso 430°C (gr): Pérdida de peso que sufra la muestra de suelo en la mufla, corresponde únicamente a la calcinación de la materia orgánica.

Interpretación

Tabla 19: Porcentaje de materia orgánica del suelo (MO)

Contenido %	Categoría	Puntuación
-------------	-----------	------------

< 1.0	Bajo	0
1.0-3.0	Medio	1
> 3.0	Alto	2

Fuente: (Nelson C. Arzola Pina, 2015)

9.7.4 Capacidad de intercambio catiónico

Es la capacidad de un suelo para almacenar cationes (iones que poseen carga positiva) y facilitar su intercambio con otros iones presentes en la solución del suelo. Constituye un indicador de la fertilidad del suelo y de su aptitud para proporcionar nutrientes a las plantas.

Tabla 20: Materiales reactivo y equipos

Materiales	Reactivos	Equipos
Muestra de suelo	Formol al 37 %	Balanza analítica
Papel filtro	Acetato de NH ₄ .	Agitador mecánico
Embudos Buchner	Cloruro de sodio al 10%	Bomba de vacío
Erlenmeyer con tabuladora lateral de 250 ml	Fenolftaleína	
Soporte universal con pinza para bureta	Hidróxido de sodio 0,5 N	
Erlenmeyer de 100 ml		
Bureta volumétrica de 25 ml		

Procedimiento

- Pesar 5g de suelo seco y tamizado.
- La muestra de suelo se trasfiere a un Erlenmeyer previamente rotulado "Muestra"
- Agregar 25 ml de acetato de NH_4 (pesar 100 g de NH_4 y disolver en 1000 ml de H_2O destilada).
- Se agrega 40 ml de acetato de NH_4 en el Erlenmeyer que contiene la muestra de suelo.
- Agitar por 15 minutos.
- Se prepara un Erlenmeyer marcado como "Blanco", que solo tiene 40 mL de solución de acetato de NH_4 .
- Se filtra el suelo con ayuda de papel filtro y una bomba de vacío.
- El residuo de suelo que contiene el papel filtro se lava con 60 ml de acetato NH_4 , se preserva el papel filtro para los demás pasos.
- En el papel filtro del suelo colocamos 50ml de etanol absoluto al 98% para lavarlo.
- En un Erlenmeyer se procede a colocar 50ml de cloruro de sodio al 10% en el papel filtro con la muestra.
- El filtrado se le añade 20 ml de formol al 37%.
- Se agrega de 3-5 gotas de fenolftaleína como indicador
- Titular con solución de NaOH 0,5 N hasta que cambie a color rosado permanente.
- Anotar el volumen consumido de NaOH 0,5 N.
- En el Erlenmeyer Blanco realizamos los mismos pasos, pero sin muestras de suelo.

Gráfico 11: Capacidad de intercambio catiónico



Formula

$$C. I. C \left(\frac{Meq}{100gr} \right) = \frac{(Vol. NaOH) * N(100)}{Pm}$$

Donde:

Vol.NaOH: Volumen de NaOH gastado (mL).

N: Normalidad del NaOH (N).

Pm: Peso de la muestra.

Interpretación

Tabla 21: Valores estimativos de la CIC

Valor meq/100	Característica
< 15	Baja
15-30	Media
> 30	Alta

Fuente: (Arroyo, Bertell, Doria, & Rocha, 2019)

9.8 Índice de estabilidad de agregados de suelo con la aplicación Slake.

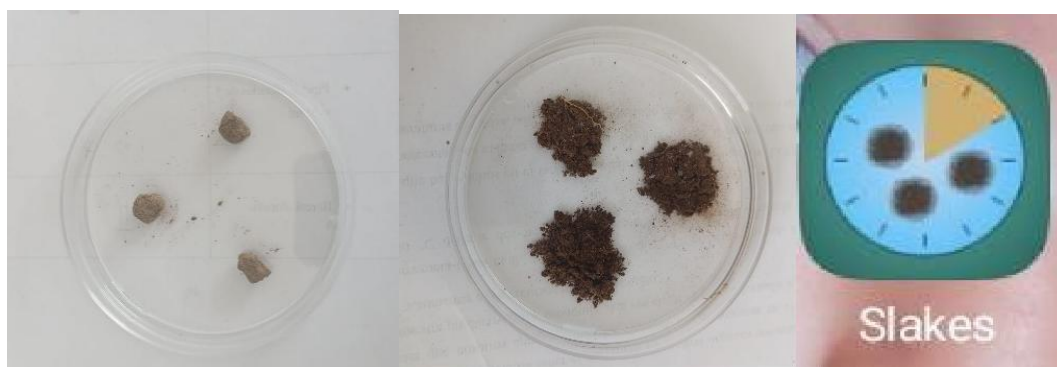
El índice de estabilidad de agregados (IEA) evalúa la resistencia de los agregados del suelo a la disgregación cuando son sometidos a condiciones de humedecimiento rápido (slaking). Este método mide la capacidad del suelo para mantener su estructura frente al estrés hídrico, lo que está relacionado con su contenido de materia orgánica, actividad microbiana y manejo agrícola.

Metodología tecnológica móvil para la estabilidad de agregados

- Obtenemos una muestra de suelo para la práctica previamente seca por 24 horas a medida ambiente.
- Se debe descargar la app Slakes en Play Store
- Se procede a tomar un trípode de 10 -20cm de altura para poder tomar la fotografía
- En una caja Petri se coloca los 3 agregados que deben tener un diámetro entre 4 a 8 milímetros en forma de un triángulo.

- Se toma la primera foto de los agregados ajustándole el color a la base que corresponde.
- También se procede a poner agua destilada en la caja Petri hasta cubrir los agregados y se debe esperar 10 minutos para poder tomar la segunda fotografía.
- Se procede a tomar la segunda fotografía después del tiempo transcurrido.
- Después de los 10 minutos transcurridos la app realizara su analisis el cual debemos tener en cuenta que el celular no debe tener movimiento, el resultado obtenido nos dara valores cercanos al 1 el cual es suelo es altamente estable y si son menores a 0.50 tienen baja estabilidad de agregados (Slakes, 2023).

Gráfico 12: Estabilidad de agregados



9.9 Porcentaje de índice de error

El error se define correctamente como la diferencia entre la medida obtenida y el valor referencial, por lo tanto en método empleado es el índice de error y eficiencia, el cual permite cuantificar el valor experimental a través de la eficiencia, con el fin de validar los resultados de las técnicas básicas de laboratorio de laboratorio realizadas en la universidad técnica de Cotopaxi laboratorio de suelos campus salache , comparándolos con los resultados del Análís de suelo enviados al INIAO en la provincia de Pichincha

Fórmula para calcular el % de índice de Error

$$\%Error = \frac{\text{Valor experimental} - \text{Valor Aceptado}}{\text{Valor Aceptado}} \times 100\%$$

Donde:

Valor experimental: Laboratorio de la UTC

Valor exacto: Laboratorio del INIAP

Fórmula para calcular la Eficiencia

$$Eficiencia = \frac{\text{Valor experimental}}{\text{Valor exacto}} \times 100\%$$

Donde:

Valor experimental: Laboratorio de la UTC

Valor exacto: Laboratorio del INIAP

Interpretación

Tabla 22: Porcentaje de eficiencia

Porcentaje de Eficiencia	Descripción
95% -100%	Cuantificación adecuada, no demanda de datos adicionales.
90%-95%	Cuantificación adecuada, demanda de datos adicionales para corroborar información.
80%-90%	Cuantificación buena, reduce la eficiencia y demanda de datos adicionales para corroborar información.
70%-80%	Cuantificación regular demanda de datos adicionales para corroborar información generando desacuerdo entre los resultados obtenidos.
<70%	Cuantificación deficiente, demanda de datos adicionales para corroborar información generando desacuerdo entre los resultados obtenidos, representando nula aceptabilidad de resultados.

9.10 Chi-Cuadrado

La prueba de chi-cuadrado (χ^2) es un método estadístico no paramétrico que se utiliza para comparar datos observados con datos esperados, determinando si existe una diferencia significativa entre ellos, especialmente con variables categóricas.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Propiedades Físicas

Los resultados obtenidos dentro de las propiedades físicas para cada parámetro son los siguientes

10.1.1 Estructura

En la **tabla 24** se encuentra los resultados de la práctica de estructura de suelo, en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN), se empleó la técnica de tamizado en seco, obteniendo los siguientes resultados, Lote 1, 2 y 3 tiene texturas más finas, mientras que los lotes 4 y 5 presenta texturas más gruesas. Lo cual mediante la tabla según Gómez (2013) se logra determinar que los lotes 1, 2 y 3 nos da como resultado que tiene una estructura ligeramente estable, los lotes 4 y 5 tiene una estructura moderadamente estable.

Tabla 23: Resultado de estructura

MUESTRAS	DIÁMETRO MEDIO PONDERADO (estructura)
L1	0,79
L2	0,58
L3	0,6
L4	1,1
L5	1,13

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.1.2 Densidad Real

A partir de los datos obtenidos en la práctica realizada en el laboratorio. Se determino en la **tabla 25** que los lotes 1, 2, 3, 4 y 5 se clasifica con una densidad real muy baja según el rango de la tabla proporcionado por (J Medina-Méndez, 2006). Esta información resulta valiosa para analizar y comparar las propiedades físicas de los distintos lotes.

Tabla 24: Resultados de la densidad real

MUESTRAS	DENSIDAD REAL
L1	2,19 g/cm ³

L2	2,08 g/cm ³
L3	2,26 g/cm ³
L4	2.60 g/cm ³
L5	2.58 g/cm ³

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.1.3 Densidad Aparente

Mediante los resultados en la **tabla 26** la densidad aparente de la práctica de laboratorio nos indica que los lotes 1, 3, 4 y 5 se clasifica dentro del rango de la densidad baja (1.0-1.20 g/cm³) mientras que el lote 2 corresponde a la densidad muy baja (< 1.0 g/cm³) según los rangos proporcionados por (J Medina-Méndez, 2006).

Tabla 25: Resultados de la densidad aparente

	DENSIDAD
MUESTRAS	APARENTE
L1	1,10 g/cm ³
L2	0,85 g/cm ³
L3	1,02 g/cm ³
L4	1.20 g/cm ³
L5	1.14 g/cm ³

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.1.4 Porosidad

Mediante la fórmula de la porosidad se determinó **la tabla 27** dando como resultados que las muestras de suelo del lote 2 y 5 presentan una porosidad excelente ya que sus valores se encuentran entre (55% y 70%). Los lotes 3 y 4 muestran una porosidad satisfactoria para capa arable, se encuentre entre (50% y 55%). El lote 1 se clasifico en porosidad escasa para capa arable cercano al límite inferior, según (González Cueto, Iglesias Coronel, Herrera Suárez, & López Bravo, 2008).

Presentan una porosidad adecuada para uso agrícola, estos poros pueden contener agua, aire o ambos.

Tabla 26: Resultados de la porosidad

MUESTRAS	POROSIDAD
L1	49,77%
L2	59,13%
L3	54,13%
L4	53,85%
L5	55,81%

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.1.5 Textura con la técnica del hidrómetro

En la **tabla 28** se puede observar los resultados de la textura del suelo, mediante la práctica realizada en el laboratorio, para determinar correctamente la textura de cada lote se utilizó el triángulo de textura según Ciancaglini (2020).

Mediante la práctica se obtuvo que el lote 1 presenta una composición de Arena: 48%, Arcilla 16% y limo 36%, se clasifica como un suelo franco. Ya que presenta una distribución equilibrada de arena, arcilla y limo, tiene características intermedias en cuanto a la retención de humedad el drenaje y la fertilidad, es decir que el lote 4 es óptimo para usos agrícolas-

Lote 2,3,4 y 5 se consideran franco -arenoso debido a su alta proporción de arena (56-61%) y a los menores niveles de arcilla (9-18%) y limo (25-30%). Esta textura sugiere suelos que tiene buen drenaje pero que son menos capaces de tener agua y nutrientes en comparación al lote 1, se requiere prácticas de manejo como riegos frecuentes y enmienda orgánicas para mejorar su rendimiento.

Tabla 27: Resultados de la textura

MUESTRAS	Arena %	Arcilla %	Limo %
L1	48	16	36
L2	56	18	25
L3	59	14	27
L4	58	12	28
L5	61	9	30

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.2 Propiedad química

Los resultados obtenidos dentro de las propiedades químicas para cada parámetro son los siguientes:

10.2.1 Potencial De Hidrógeno (pH)

Los resultados que se obtuvo en la **Tabla 29** presentan valores de pH en las muestras analizadas, lote 1, 2, y 3 se encontraron dentro del rango mediano básico entre (7.4-7.8) mientras que los lotes 4 y 5 entran en el rango de moderadamente básicas entre (7.9-8.4) según (Millán, Prato, La Cruz, & Sánchez, 2018).

Tabla 28: Resultados del pH

MUESTRAS	pH
L1	7,76
L2	7,61
L3	7,46
L4	8,11
L5	8,35

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.2.2 Materia Orgánica

En la **tabla 30** de los resultados de la materia orgánica se logró obtener identificar que los lotes 1, 2, 3, 4, y 5, según la tabla se encuentra en la categoría de materia orgánica media que corresponde a un rango entre (1.0% y 3.0%) según (Nelson C. Arzola Pina, 2015). La materia orgánica ayuda a formar y estabilizar los agregados del suelo para poder mejorar la porosidad, la aireación y la capacidad de retención de agua en los diferentes suelos.

Tabla 29: Resultados de materia orgánica

MATERIA MUESTRAS ORGANICA	
L1	1,54
L2	1,33
L3	1,62
L4	1,14

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.2.3 Nutrientes

La técnica pasta saturada nos ayuda a determinar la conductividad eléctrica y los nutrientes como se puede observar los resultados de la **tabla 31**, Los análisis realizados mostraron que las concentraciones de potasio fluctuaron entre niveles medios (L1 y L2 con 82-98 $\mu\text{g/ml}$) y niveles altos (L3-L5 con 120-162 $\mu\text{g/ml}$), sobrepasando el límite adecuado en este último caso. En cuanto al sodio, se observó un nivel elevado en L2 (52 cmolc/kg), lo que indica un posible riesgo de salinización, mientras que los otros lotes se mantuvieron dentro de márgenes medios o bajos. Todos los lotes presentaron niveles altos de calcio (284-437 $\mu\text{g/ml}$), considerablemente por encima de lo sugerido. La conductividad eléctrica estuvo en un rango medio para la mayoría de los lotes (708-801 dS/m), a excepción de L4, que mostró un valor bajo (496 dS/m). Estos resultados indican la necesidad de modificar las prácticas de fertilización, especialmente en L2, donde el sodio elevado podría impactar negativamente en la estructura del suelo, y también es importante vigilar los excesos de calcio que podrían restringir el acceso a micronutrientes en todos los lotes.

Tabla 30: Resultados de Nutrientes y C.E

NUTRIENTES	Conductividad MUESTRAS			K	Na	Ca	electrica
L1	82	28	420		736		
L2	98	52	284		780		
L3	120	16	437		801		
L4	155	35	343		496		
L5	162	36	304		708		

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.2.4 Capacidad De Intercambio Catiónico

Em la **tabla 32** podemos ver los valores de la capacidad de intercambio catiónico para los lotes (1, 2, 3, 4 y 5) se encuentra en un rango 15-30 según Arroyo, Bertell, Doria, & Rocha, (2019) se considera de un rango medio, permite una buena capacidad moderada para retener y suministrar nutrientes para los cultivos que se encuentren en los lotes.

Tabla 31: Resultados de la capacidad de intercambio catiónico

MUESTRAS	CIC
L1	18
L2	22
L3	22
L4	24
L5	25

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.3 Estabilidad De Agregados

La **Figura 3** presenta los hallazgos del Índice de Estabilidad de Agregados (IEA), un indicador esencial para analizar la calidad física del terreno y su capacidad de resistir la erosión. Todos los lotes muestran índices de estabilidad de agregados que se consideran bajos (típicamente se anticipan valores superiores a 0.6 para suelos estables). Esto sugiere que tiene una estructura del suelo débil y propensa a la erosión.

Figura 4: Índice de estabilidad de agregados.



Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.4 Eficiencia de los datos

Como se puede ver en la **tabla 33** que valida la información obtenida en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache y del

laboratorio del INIAP, en los nutrientes tiene diferencia se debe a las metodologías variadas empleadas para medir este parámetro químico y los instrumentos utilizados.

Entre los laboratorios de la UTC y el INIAP reveló una gran precisión analítica, con un 94.8% de efectividad total en los parámetros examinados (pH, materia orgánica y textura del suelo). Los hallazgos indicaron una concordancia perfecta (100%) en la clasificación de la textura, así como un 95% de efectividad en pH (con variaciones mínimas debidas a diferencias en los instrumentos) y un 89.4% en materia orgánica (las discrepancias se consideran normales en métodos químicos complejos). Estas pequeñas diferencias, especialmente en materia orgánica, podrían minimizarse si se estandarizan los procedimientos analíticos, permaneciendo en los límites aceptables para el análisis del suelo. Los resultados evidencian que ambos laboratorios tienen una capacidad técnica fiable para caracterizar suelos, lo que hace que sus resultados sean válidos para investigaciones y usos en agricultura, aunque se sugiere mejorar los métodos de determinación de materia orgánica para lograr una mayor exactitud analítica.

Tabla 32: *Corroboración de datos*

EFICIENCIA										
	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4		Lote 5	
	UTC	INIAP	UTC	INIAP	UTC	INIAP	UTC	INIAP	UTC	INIAP
PH	7,76	8,13	7,61	8,33	7,44	8,12	8,11	8,08	8,37	8,64
Na	28 ppm	-	52	-	16	-	35	-	36	-
Ca	420 ppm	2547	284 ppm	2397	437 ppm	2533	343	1902	304	2012
k	82 ppm	108 ppm	98 ppm	149 ppm	120 ppm	223 ppm	155 ppm	465 ppm	162 ppm	254 ppm
CIC	18 ppm	-	22 ppm	-	22 ppm	-	24 ppm	-	25 ppm	-
C.E	736	-	780	-	801	-	496	-	708	-
M.O	1,59	1,79	1,33	1,45	1,62	1,86	1,14	1,27	1,06	1,18

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

10.5 Corroboración de datos

Para corroborar los datos obtenidos de eficiencia en la Tabla 29 se observa el valor de Chi-Cuadrado correspondiente a 0.1573 que determina la eficiencia de los métodos utilizados por la UTC y el INIAP brindándonos confiabilidad de los resultados.

Tabla 33: Prueba Chi-Cuadrado

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	2,00	1	0,1573
Chi Cuadrado MV-G2	2,77	1	0,0959
Coef.Conting.Pearson	0,71		

Elaborado: Peñaherrera Shirley, (2025)

11. CONCLUSIONES

- Las características productivas con ayuda de la matriz de antecedentes permitieron optimizar la información de los cultivos de los lotes analizados, identificando factores que afecten el rendimiento y productividad, la matriz contribuyo a establecer recomendaciones específicas para el manejo del suelo.

- Con la información obtenida mediante la investigación en sitios bibliográficos y a su vez con ayuda de la guía de laboratorio de suelos de la universidad técnica de Cotopaxi campus Salache, se determinó las propiedades físicas y químicas del suelo proporciona información valiosa de cada lote, los cuales se corrobora que los parámetros analizados con la guía coinciden con los resultados en el laboratorio del INIAP.

- El proyecto de investigación mostro una coincidencia del 94. 8% entre los laboratorios UTC e INIAP en lo que respecta a la evaluación de suelos. Se observó una coincidencia total en la textura (franco-arenosa), un 95% en el pH y un 89. 4% en el contenido de materia orgánica. Las variaciones en Ca y K fueron causadas por diferentes enfoques metodológicos. Los dos laboratorios evidenciaron tener una confiabilidad técnica. Se sugiere uniformar los métodos, especialmente en lo que se refiere a la materia orgánica, para lograr una mayor exactitud.

12. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar muestreo de cada uno de los lotes asegurando que las muestras recolectadas estén óptimas para realizar las prácticas en el laboratorio.

- Basados a los resultados obtenidos se recomienda proponer estrategias del manejo del suelo para cada lote y así mejorar la salud del suelo.

- Para validar la confiabilidad de los resultados se sugiere realizar análisis comparativos con datos obtenidos por un laboratorio certificado (INIAP).

13. BIBLIOGRAFÍA

Ago Lab. (27 de mayo de 2025).

Alayo, J. I. (17 de Julio de 2020). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/469481133/densidad-real-y-densidad-aparente3>
Arroyo, Bertel, Doria, & Rocha. (2019). Suelos agrícolas.

Articulos . (05 de julio de 2022). Obtenido de <https://www.abc.com.py/articulos/nutrientes-del-suelo-866315.html>

Barrezueta-Unda, S. C.-A.-E.-L.-G. (11 de noviembre de 2020). *FAVE Seccion Ciencias Agrarias*. Obtenido de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/publicaciones/index.php/FAVEAgrarias/articloe/view/9747>

Bowen, M. W. (30 de octubre de 2022). *LibreTexts*. Obtenido de [https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Ciencia_del_Suelo/Principios_de_la_ciencia_del_suelo_Manual_de_ejercicios_\(Bowen\)/01%3A_Ejercicios_pr%C3%A1cticos/1.06%3A_An%C3%A1lisis_del_tama%C3%B1o_de_part%C3%ADcula](https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Ciencia_del_Suelo/Principios_de_la_ciencia_del_suelo_Manual_de_ejercicios_(Bowen)/01%3A_Ejercicios_pr%C3%A1cticos/1.06%3A_An%C3%A1lisis_del_tama%C3%B1o_de_part%C3%ADcula)

Carranza-Patiño, M. A.-S.-B.-S. (2024). Conservación y Manejo Sostenible del Suelo en la Agricultura: Una Revisión Sistemática de Prácticas Tradicionales y Modernas.

Castellanos. (2015). *La Capacidad de Intercambio Cationico del Suelo*.

Ciancaglini, N. (2020). *Guía de laboratorio* .

Dilma, J. (26 de diciembre de 2017). *Fertilab*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Materia-Organica.pdf>

Efraín Oses, X. N. (11 de mayo de 2023). *Investigaciones agropecuarias* . Obtenido de <https://portal.amelica.org/ameli/journal/222/2225095007/html/>

Espinoza, A. (s.f.). *Guía Técnica para muestreo de suelos*. 1-56.

Etecé, E. (20 de mayo de 2025). Obtenido de <https://concepto.de/suelo/>

- FAO. (s.f.). Obtenido de https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#:~:text=La%20textura%20indica%20el%20contenido,el%20suelo%20y%20lo%20atraviesa.
- FAO. (02 de mayo de 2018). Obtenido de <https://www.fao.org/newsroom/story/Polluting-our-soils-is-polluting-our-future/es>
- FAO. (3 de agosto de 2024). Obtenido de FAO: https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm#:~:text=La%20estructura%20del%20suelo%20se,mayores%20y%20se%20denominan%20agregados%20.
- FAO. (30 de 05 de 2025). Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=Densidad%20del%20Suelo&text=La%20densidad%20real%20C%20de%20las,part%3ADculas%20granulares%20como%20la%20arena>
- González Cueto, O., Iglesias Coronel, C. E., Herrera Suárez, M., & López Bravo, E. (2008). Efecto de la humedad y la presión sobre el suelo en la porosidad total de un Rhodic Ferralsol.
- Guía para muestreo de suelos*. (24 de Junio de 2020). Obtenido de <https://www.abonamos.com/blog/2020/6/19/gua-para-muestreo-de-suelos>
- Hanoi Medina González, J. (2007). El método del hidrómetro: base teórica para su empleo en la determinación de la distribución del tamaño de partículas del suelo.
- J Medina-Méndez, V. V.-H.-R.-S.-C.-F. (23 de marzo de 2006). CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LOS SISTEMAS DE MAÍZ BAJO TEMPORAL Y MANGO BAJO RIEGO EN LUVISOLES DEL ESTADO DE CAMPECHE. *J Medina-Méndez*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15422208>
- Jaramillo, D. (2022). Suelos . 105.
- Kogut, D. P. (20 de Julio de 2023). *EOS*. Obtenido de

<https://eos.com/es/blog/degradacion-del-suelo/>

Leon, P. d. (s.f.). Propiedades Físicas.

Miguel. (2016). Interpretacion_de_Resultados_de_Textura_y_Humedad_del_Suelo.

Millán, F., Prato, J. G., La Cruz, Y., & Sánchez, A. (2018). Estudio metodológico sobre la medición de pH y conductividad eléctrica en muestras de compost.

Montoya, C. A. (8 de marzo de 2021). Obtenido de Universidad del Quindío:

https://aulasvirtuales.uniquindio.edu.co/RecDigital/MecanicaDeSuelos/recursos/unidad3/Descargable_EA1.pdf

- Nathaly, M. M. (2023). CIENCIAS MATERIA ORGANICA. Obtenido de [tps://www.agenciasinc.es/Noticias/La-materia-organica-de-los-suelos-quemados-se-vuelve-mas-resistente-a-la-biodegradacion](https://www.agenciasinc.es/Noticias/La-materia-organica-de-los-suelos-quemados-se-vuelve-mas-resistente-a-la-biodegradacion)
- Nelson C. Arzola Pina, J. M. (noviembre de 2015). *IDOCPUB*. Obtenido de <https://idoc.pub/documents/practica-de-capacidad-de-intercambio-cationico-pdf-6nq8z5yojqnw>
- Ortiz, D. V. (2017). Fundamentos y procedimientos para análisis físicos y morfológicos del suelo.
- Perea, Y. E. (2021). Propiedades físicas del suelo en cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba.
- Ramirez, M. (2019). ¿Qué es el pH del suelo y para qué nos sirve ?
- Reynaldo B. Mendoza y Ariel Espinoza. (2017). GUÍA TÉCNICA PARA MUESTREO DE SUELOS.
- Rhoton, S. (2022). Obtenido de <https://www.significados.com/propiedad-quimica/>
- Salton, C. (2022). Obtenido de https://tecnal.com.br/es/blog/308_determinacion_de_la_estabilidad_de_los_agregados_del_suelo
- Southern Scientific*. (07 de febrero de 2025). Obtenido de <https://southernscientificireland.com/2025/02/07/key-soil-properties/>
- StudySmarter*. (18 de Agosto de 2024). Obtenido de <https://www.studysmarter.es/resumenes/ingenieria/ingenieriaagricola/densidad-del-suelo>