



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO
DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD
TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL
USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE
LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024”.**

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

Autora:
Herrera Oñate Angélica Guillermina

Tutor:
Torres Miño Carlos Javier

LATACUNGA – ECUADOR
Febrero 2024

DECLARACION DE AUTORIA

Herrera Oñate Angélica Guillermina, con cédula de ciudadanía No. 0550647838, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DERTERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024”**, siendo el Ingeniero PhD. Carlos Javier Torres Miño, 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, 20 de febrero del 2024



Angélica Guillermina Herrera Oñate
C.C: 0550647838
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 **HERRERA OÑATE ANGELICA GUILLERMINA** identificada con cédula de ciudadanía **0550647838** 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 “**DERTERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024**”, 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 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de Mayo del 2023

Tutor: Ing. Carlos Javier Torres Miño, PhD.

Tema: “**DERTERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024**”

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 20 días del mes de febrero del 2024.



Angélica Guillermina Herrera Oñate
LA CEDENTE

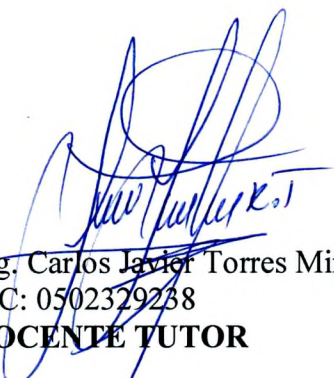
Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024”, de Herrera Oñate Angélica Guillermina, 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, 20 de febrero del 2024



Ing. Carlos Javier Torres Miño, PhD.
C.C: 0502329238
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: Herrera Oñate Angélica Guillermina con el título de Proyecto de Investigación: **“DERTERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024”**, 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.



Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Mg.
CC: 0501645568
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Latacunga, 20 de febrero del 2024



Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja, Mg
CC: 0502661754
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg
CC: 0501946263
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Principalmente quiero dar gracias a Dios por cada día de vida y fuerzas que me ha brindado y cuando más lo necesite no me abandono. También agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, mi tutor Ing. Carlos Javier Torres Miño a mis lectores Ing. Fabián Troya, Ing. Alexandra Tapia, Ing. Cristian Santiago Jiménez también un profundo agradecimiento a la Ing. Karina Marín, Ing. Selena Geoconda Aguilera quienes a partir de sus conocimientos brindan una educación excepcional y de excelencia a todos los estudiantes. Siendo más que guías así el futuro, amigos y orientadores excepcionales.

A mí familia, quienes me enseñaron que con esfuerzo, humildad y sacrificio se cumple cualquier meta en la vida, siendo el pilar fundamental para lograr mis estudios universitarios.

A mis amigos, que me brindaron apoyo incondicional, gracias por los momentos únicos que compartimos y por llegar a ser parte de los mejores momentos vividos en mi vida universitaria.

Angélica Guillermina Herrera Oñate

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios por permitirme cada día seguir luchando por cumplir mis sueños.

A mis padres Fabiola Herrera y Milton Sampedro por el apoyo incondicional, por demostrarme que a pesar de las dificultades de la vida con perseverancia y humildad se llega a cumplir lo que uno se propone. Siendo personas excepcionales y mi fuente de inspiración, para cumplir con humildad y respeto todo lo que me propongo. A mi hermana María Sampedro por la motivación y amor que brinda cada día, a mis ángeles del cielo mis abuelos Luz Angélica Oñate y Guillermo Herrera que cumplí lo que en su momento prometí.

También dedico este proyecto a los docentes de la carrera de Agronomía por su paciencia y vocación para enseñar.

Finalmente dedico este trabajo a mis compañeros que han estado a mi lado incondicionalmente y se han convertido en parte de mi familia por sus enseñanzas, en especial a mi amigo Diego Aníbal Pallasco Alajo por ser una persona humilde y por apoyarme en este proceso y espero seguir contando con su amistad en la vida profesional.

Angélica Guillermina Herrera Oñate

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024”.

Autor:

Herrera Oñate Angélica Guillermina

RESUMEN

La presente investigación se realizó en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, cuyo objetivo es la determinación de las propiedades físicas químicas del suelo del lote número 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache, con la utilización de diferentes metodologías las mismas que fueron adaptadas a los equipos, materiales e insumos existentes en los laboratorios de la Universidad, se tomó muestras de suelo y se procedió analizar parámetros como estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad textura, materia orgánica, pH, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico del suelo, para la respectiva comparación y determinación del porcentaje de error se realizó el envío de una muestra de suelo al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP). Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físico químico del suelo en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache, muestran un pH de 8.34 (moderadamente básico), estructura de 1.13 mm (moderadamente estable), densidad real de 2.08 g/cm³ (muy bajo), densidad aparente de 1.40 g/cm³ (medio), porosidad de 31,88 % (baja), un suelo franco arenoso, la materia orgánica de 1.62% (medio), Na 200 ppm (medio), K 422,5 ppm (alto), Ca 2433 ppm (alto), NO₃ 325 ppm (alto), conductividad eléctrica 1363,5 dSm⁻¹ (alto) y capacidad de intercambio catiónico 12,22 meq/100g (medio), se llega a la conclusión que mediante los resultados del análisis enviados al INIAP y los resultados obtenidos en las prácticas de análisis de laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache se obtuvieron resultados muy similares, por los mismos se establece una propuesta de guía de prácticas básicas de laboratorio para análisis de parámetros físico químico del suelo en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Palabras clave: Suelo, laboratorio, parámetros físicos, parámetros químicos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “DETERMINATION OF THE PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL OF LOT NUMBER 5 OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI, SALACHE CAMPUS THROUGH THE USE OF BASIC SOIL LABORATORY PRACTICES TECHNIQUES IN 2023-2024.”

Author:

Herrera Oñate Angélica Guillermina

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the laboratories of the Technical University of Cotopaxi of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, whose objective is the determination of the physical and chemical properties of the soil of lot number 5 of the Technical University of Cotopaxi, Campus Salache, with the use of different methodologies which were adapted to the equipment, Soil samples were taken and parameters such as structure, real density, apparent density, porosity, texture, organic matter, pH, nutrients and cation exchange capacity of the soil were analyzed. For the respective comparison and determination of the percentage of error, a soil sample was sent to the National Institute for Agricultural Research (INIAP). The results obtained from the analysis of the physic-chemical parameters of the soil in the laboratories of the Technical University of Cotopaxi, Campus Salache, show a pH of 8.34 (moderately basic), structure of 1.13 mm (moderately stable), real density of 2.08 g/cm³ (very low), apparent density of 1.40 g/cm³ (medium), porosity of 31.88 % (low), a sandy loam soil, organic matter of 1.62% (medium), Na 200 ppm (medium), K 422.5 ppm (high), Ca 2433 ppm (high), NO₃ 325 ppm (high), electrical conductivity 1363.5 dSm⁻¹ (high) and cation exchange capacity 12.22 meq/100g (medium), it is concluded that through the results of the analysis sent to INIAP and the results obtained in the laboratory analysis practices of the Technical University of Cotopaxi, Campus Salache, very similar results were obtained. Therefore, a proposal for a guide of basic laboratory practices for the analysis of physic-chemical parameters of soil in the laboratory of the Technical University of Cotopaxi, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources is established.

KEYWORDS: Soil, laboratory, Physical parameters, Chemical parameters.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACION DE AUTORIA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INFORMACION GENERAL	1
1.1. Línea de investigación:	2
1.2. Línea de vinculación:.....	2
2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Beneficiarios directos	3
3.2. Beneficiarios indirectos	3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
5. OBJETIVOS.....	5
5.1. Objetivo General.....	5
5.2. Objetivos Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA TECNICA.....	8
7.1. Suelo	8
7.2. Propiedades físicas químicas del suelo.....	8
7.2.1. Propiedades físicas del suelo	8
7.2.1.1. Textura del suelo	9

7.2.1.2.	Estructura del suelo	9
7.2.1.3.	Densidad del suelo	10
7.2.1.4.	Porosidad del suelo.....	11
7.2.2.	Propiedades químicas del suelo.....	11
7.2.2.1.	pH del suelo.....	11
7.2.2.2.	Materia Orgánica del suelo	12
7.2.2.3.	Nutrientes del suelo.....	13
7.2.2.4.	Capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC).....	14
7.3.	Muestreo del suelo	14
7.3.1.	Profundidad de muestreo	14
7.3.2.	Tipos de recorrido en campo	14
7.3.2.1.	Recorrido en zigzag.....	15
7.4.	Análisis de suelo	15
7.5.	Índice de error.....	15
8.	PREGUNTA CIENTIFICA.....	16
9.	METODOLOGIA.....	16
9.1.	Tipos de investigación	16
9.2.	Ubicación del área de estudio	16
9.3.	Fases de investigación	17
9.3.1.	Fase bibliográfica	17
9.3.2.	Fase de campo	18
9.3.3.	Fase de laboratorio.....	19
9.3.3.1.	Propiedades Físicas del suelo.....	19
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
10.1.	Análisis y discusión de las propiedades físico químico del suelo.....	34
10.1.1.	Propiedades físicas del suelo	34
10.1.2.	Parámetros químicos.....	38

11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
12.	BIBLIOGRAFÍA	45
13.	ANEXOS	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Rangos de pH	12
Tabla 2.	Macro y micronutrientes del suelo	13
Tabla 3.	Ubicación del lugar.....	17
Tabla 4.	Materiales y equipo utilizados en el método de tamizado en seco del suelo.....	19
Tabla 5.	Interpretación del DMP	20
Tabla 6.	Materiales, reactivos y equipos utilizados en el método del hidrómetro.....	21
Tabla 7.	Diámetro de partículas del suelo.	22
Tabla 8.	Materiales, y equipos utilizados para conocer la densidad aparente	23
Tabla 9.	Clasificación de la densidad aparente.....	24
Tabla 10.	Materiales de la práctica de densidad real	25
Tabla 11.	Clasificación de la densidad real de los suelos.....	26
Tabla 12.	Porcentaje de porosidad.....	27
Tabla 13.	Materiales y equipos de la práctica de pH.....	27
Tabla 14.	Rangos de pH	28
Tabla 15.	Materiales y equipos de la práctica de materia orgánica	29
Tabla 16.	Porcentaje de materia orgánica del suelo (MO).	30
Tabla 17.	Materiales y equipos de la práctica de materia orgánica	31
Tabla 18.	Nutrientes del suelo	31
Tabla 19.	Materiales, equipos y reactivos de la práctica de capacidad de intercambio catiónico	32
Tabla 20.	Valores estimativos de la CIC.	33
Tabla 21.	Promedio del diámetro medio ponderado de seis muestras.....	34
Tabla 22.	Clase Textural del suelo y su índice de error y eficiencia.	35
Tabla 23.	Media de la densidad real de 6 muestras.	36
Tabla 24.	Media de la densidad aparente de 6 muestras.....	37
Tabla 25.	Media de la porosidad de 6 muestras.....	38

Tabla 26. Rangos de pH de suelo de seis muestras.	39
Tabla 27. Media de porcentaje de materia orgánica del suelo.....	39
Tabla 28. Media de los nutrientes del suelo de seis muestras, con su índice de error y eficiencia.....	40
Tabla 29. Media de los nutrientes y la conductividad eléctrica del suelo, de seis muestras ...	41
Tabla 30. Media de la conductividad eléctrica	42
Tabla 31. Promedio de C.I.C de las seis muestras de suelo.....	43

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Forma de muestreo del lote número 5	18
--	----

1. INFORMACION GENERAL

Título de proyecto:

“DERTERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 5 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS DE PRACTICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELO EN EL AÑO 2023-2024”.

Fecha de inicio:

Abril 2023

Fecha de finalización:

Agosto 2023

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache

Facultad que auspicia:

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Equipo de trabajo:

Responsable del proyecto: Herrera Oñate Angélica Guillermina

Tutor: Ing. Carlos Javier Torres Miño, PhD.

PhD. Fernando del Moral Docente Universidad de Almería España (Convenio Institucional Universidad de Almería España Universidad Técnica de Cotopaxi Ecuador).

Lector 1: Ing. Troya Sarzosa Jorge Fabián, Mg.

Lector 2: Ing. Tapia Borja Alexandra Isabel.Mg.

Lector3: Ing. Jiménez Jácome Cristian Santiago, Mg.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Herrera Oñate Angélica Guillermina

Teléfono: 0997824623

Correo electrónico: angelica.herrera7838@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura -Silvicultura y pesca – Producción Agropecuaria

1.1. Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

1.2. Línea de vinculación:

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

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El suelo es un recurso fundamental para la producción agrícola y el mantenimiento de ecosistemas saludables. Determinar sus propiedades físico-químicas es crucial para comprender su calidad y su capacidad para soportar diversos tipos de cultivos o vegetación y poder determinar el manejo adecuado.

El lote número 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, es un espacio de interés particular para la institución y su gestión eficiente. Conocer las características del suelo en este lote es esencial para planificar adecuadamente su uso futuro, ya sea para proyectos de investigación, actividades académicas o desarrollo institucional

Las propiedades físico-químicas del suelo tienen implicaciones directas en la salud humana y ambiental. Por ejemplo, la presencia de ciertos contaminantes o la falta de nutrientes adecuados

pueden afectar la calidad del aire, el agua subterránea y los alimentos producidos en el área. Evaluar estas propiedades es fundamental para garantizar la seguridad y el bienestar de las personas que interactúan con el suelo.

Los resultados de la investigación proporcionarán información valiosa que puede utilizarse para tomar decisiones informadas sobre el manejo del suelo en el lote número 5. Esto puede incluir recomendaciones para mejorar la fertilidad del suelo, mitigar la erosión, prevenir la contaminación o seleccionar los cultivos más adecuados para la zona.

Dicha investigación es factible ya que dentro de los laboratorios de la Universidad no cuentan con una propuesta de guía de este tipo para poder realizar prácticas que nos permitan conocer el estado de nuestro suelo.

Aunque se trata de un estudio básico de laboratorio, los datos recopilados pueden contribuir al conocimiento científico sobre la calidad del suelo en la región de Cotopaxi y proporcionar una base para investigaciones futuras más avanzadas en el campo de la agronomía, la ecología o la gestión ambiental.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios directos son los encargados del lote número 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache quienes por medio de la investigación podrán conocer el estado actual del suelo.

3.2. Beneficiarios indirectos

Los 18 docentes y los 369 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Agronómica.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de conocimiento detallado sobre las propiedades físico-químicas del suelo en el lote número 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache. Aunque este suelo es un recurso vital para la institución y potencialmente para la comunidad local, actualmente existe

una carencia de información específica sobre su composición, estructura y capacidad para soportar actividades agrícolas, ambientales o de investigación.

Dentro de nuestra provincia, no se cuenta con una variedad de laboratorios que permitan realizar análisis de suelos factibles e inmediatos, siendo así un problema relevante para los agricultores de Cotopaxi que tienen que enviar sus muestras de suelo para analizar fuera de la provincia y esperar un mes para conocer sus respectivos resultados.

En la provincia de Cotopaxi solo se cuenta con un laboratorio en el cantón La Mana, con Arrogancia Laboratorio que se enfoca en el análisis de microorganismos eucariotas, mohos, levaduras, y cuenta con un laboratorio de suelos (Nexdu, 2024).

Otro factor limitante es que no todos los agricultores pueden viajar hasta otras provincias para dejar sus respectivas muestras y no cuentan con el capital que se requiere para dejar analizar la misma.

Con el proyecto de investigación se quiere saciar una necesidad tanto a estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, como a los agricultores de la provincia a poder realizar dichos análisis sin tener que migrar a otras provincias y en menor tiempo todo mediante la guía de prácticas básicas de laboratorio establecida. Ya que, sin un entendimiento claro de las propiedades del suelo, es difícil para la universidad y otros interesados tomar decisiones informadas sobre cómo utilizar y manejar este recurso de manera eficiente y sostenible.

La falta de información sobre posibles contaminantes o deficiencias de nutrientes en el suelo podría representar riesgos para el medio ambiente y la salud humana, especialmente si se realizan actividades que podrían exponer a las personas a estas condiciones sin ser conscientes de los peligros.

La calidad del suelo influye directamente en la productividad de los cultivos. Si no se comprenden las características del suelo en el lote número 5, podría limitarse el rendimiento de los cultivos o la capacidad para cultivar ciertos tipos de plantas de manera exitosa.

La falta de datos sobre las propiedades del suelo en esta área puede representar una laguna en el conocimiento científico general sobre la región de Cotopaxi y sus condiciones ambientales.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Analizar los parámetros físico-químicos del suelo en el lote número 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache en la Provincia de Cotopaxi año 2023-2024.

5.2. Objetivos Específicos

- Realizar una propuesta de guía de prácticas básicas de laboratorio para caracterizaciones físico-químico en suelo mediante la recolección bibliográfica de información.
- Analizar las características físico (estructura, textura, densidad, porosidad) y químico (pH, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico) del suelo

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

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Realizar una propuesta de guía de laboratorio de prácticas básicas para caracterizar propiedades físico-químico del	Revisión de los materiales, reactivos y equipos existentes en los laboratorios, de la Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.	Inventario de materiales y reactivos que se tiene y se requiere para desarrollo de prácticas de laboratorio, para caracterizar propiedades físico-químicos del suelo.	Hoja de checklist digital y físico.

suelo mediante la recolección bibliográfica de información.	Revisión bibliográfica para analizar: parámetros físicos (estructura, textura, densidad, porosidad) y químicos (pH, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico) del suelo, dependiendo de los equipos, materiales e insumos que cuenta la Universidad.	Metodologías de prácticas de laboratorio para caracterizar propiedades físico-químicas del suelo.	Libro de la Universidad de Almería. Bibliografías de guías. Videos
	Redacción de la guía de laboratorio de prácticas básicas para análisis de suelo, mediante la información bibliográfica encontrada	Guía redactada de prácticas básicas de laboratorio para análisis de suelo	Guía de prácticas básicas de laboratorio para análisis de suelo, físico y digital.

OBJETIVO 2	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Analizar las características físico (estructura,	Zonificación del terreno, y elaboración de la ficha de información requerida para la	Información detallada del lote con antecedentes de cultivo, manejo agronómico, grado	Mapa del terreno. Ficha de levantamiento de información físico y digital.

<p>textura, densidad, porosidad) y químico (pH, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico) del suelo.</p>	<p>toma de muestras de suelo.</p>	<p>de pendiente, ubicación.</p>	
	<p>Recolección de muestras de suelo para la caracterización.</p>	<p>Seis muestras de suelo tomadas en zigzag del lote estudiado.</p>	<p>Fotografías, muestras y libreta de campo.</p>
	<p>Enviar al INIAP a realizar un análisis de suelo.</p>	<p>Validar los resultados obtenidos de la guía de laboratorio realizada en la Universidad Técnica de Cotopaxi mediante los resultados del INIAP.</p>	<p>Resultados del análisis de suelo del INIAP físico y digital.</p>
	<p>Ejecución de las prácticas de laboratorio: pH (campo y laboratorio), estructura del suelo, textura densidad, porosidad, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico</p>	<p>Datos cuantificables del lote de terreno en relación a los siguientes parámetros: pH (campo y laboratorio), estructura del suelo, textura, densidad, porosidad, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico.</p>	<p>Interpretación del índice de error. Tabla de interpretación de caracterización del suelo. Cuadros estadísticos de los parámetros encontrados</p>

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA TECNICA

7.1. Suelo

El suelo es lo más superficial de la corteza terrestre, es el medio que está compuesto por minerales, organismos vegetales, aire y agua.

En general el suelo es el medio que permite que toda actividad de cualquier tipo se desarrolle, está compuesto por la descomposición de la roca madre por el paso de los siglos, por acción de factores como son: microorganismos, clima, agua la vegetación por lo que el suelo posee propiedades físicas, químicas y biológicas (Dalzell, 1991).

La formación del suelo está determinada por seis factores muy importantes como son, el clima, organismos, topografía, tiempo, uso y por la acción de estos factores nombrados se determina la magnitud de las propiedades del mismo (Figuroa Jáuregui et al., 2018).

7.2. Propiedades físicas químicas del suelo

Al suelo también se lo conoce como un sistema dinámico que consta de tres fases muy importantes, entre las cuales se encuentra la fase sólida, la fase líquida y la fase gaseosa. Con relación a las propiedades físico-químicas del suelo son aquellas que interactúan en relación entre sí para mantener un equilibrio adecuado para lo que sería un cultivo establecido que permitiría ayudar en su desarrollo y crecimiento. Lo que conlleva que la degradación de una propiedad de suelo llevaría a afectar a otras y esto sucesivamente hasta afectar directamente al rendimiento de los cultivos (García R et al., 2018)

7.2.1. *Propiedades físicas del suelo*

Las propiedades físicas determinan diferentes factores del suelo como puede ser la rigidez, la capacidad de las raíces de las plantas para la penetración, la aireación, la capacidad de drenar y detener el agua que tiene el suelo, también la plasticidad y capacidad de retención de nutrientes que tiene el mismo. En si es importante conocer esta propiedad ya que permite conocer la influencia que tienen estos factores en el crecimiento y desarrollo de las plantas y su gran importancia de mantener en buenas condiciones físicas del suelo (Carvajal, s. f.)

7.2.1.1. Textura del suelo

Se refiere a la proporción y contenido de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños, como son arena, limo y arcillas. Es una propiedad importante ya que es un factor que influye en la fertilidad, retención de agua, aireación, drenajes y el contenido de materia orgánica.

Los suelos arenosos tienen como característica que son más sueltos, de una fácil manipulación, pero con muy poca reserva de nutrientes aprovechables. Los suelos limosos tienen como característica la granulometría de tamaño intermedio, fáciles de trabajar y son aquellos que forman terrones fáciles de desagregar en estado seco.

Y los suelos arcillosos son aquellos que están formados por partículas muy finas, y son los que tienen la capacidad de formar barro cuando se encuentra en sobresaturación, son suelos pesados no drenan y de igual forma no se secan fácilmente, son considerados como suelos fértiles por la capacidad de reservar nutrientes que poseen (Osorio, Haro, Carrillo, & Negrete, 2022).

Para la determinación de la clase de textural de un suelo existen diferentes métodos, pero el más utilizado es el diagrama triangular. Mediante el mismo nos permite conocer un punto determinado situado dentro del triángulo en una cierta casilla que permite conocer qué tipo de suelo es con el que está trabajando (Quichimbo et al., 2012).

7.2.1.2. Estructura del suelo

Es uno de los parámetros caracterizarles del suelo, que se refiere a la forma como se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla para generar de esta manera unidades de mayor tamaño conocidas como agregados o terrones que son el resultado de procesos pato (Abanto Oblitas et al., 2021).

Tipos de estructura del suelo

Según (FAO, 2016) existen siete tipos de estructuras del suelo, pero las más conocidas son las siguientes:

1 Estructura granular o migajosa: se refiere a las partículas de arena, limo y arcilla agrupados de manera casi esférica. Fácil circulación de fluidos. Se encuentra en el horizonte A.

2 Estructura en bloques o bloques sub angulares: se refiere a las partículas de suelo agrupadas en forma de bloques. Los bloques grandes indican la resistencia del suelo a la penetración y movimiento del agua. Se encuentra en el horizonte B.

3 Estructura prismática y columnas: partículas del suelo en formación columnas o en pilares de manera vertical. Circulación del agua con mayor dificultad. Se encuentran en horizontes B con acumulación de arcillas.

4 Estructura laminar: las partículas del suelo están agregadas de manera laminar o capas finas de manera horizontal. Debido a que las láminas se traslapan hay dificultad de circulación del agua. Se encuentran en suelos boscosos en el horizonte A.

Métodos para determinar la estructura del suelo

Dentro de los diferentes métodos para determinar la estructura del suelo, encontramos; el método de medición de la estabilidad de los agregados de tamizado en húmedo, que consiste en la separación de material grueso con alguna sustancia líquida, y para dicho método se utiliza el juego de tamices y el tamizador magnético.

También encontramos el método de yoder, que consiste en un juego de tamices que se encuentran dentro de un tamizador yoder TE-330, está conformado por tres tanques cilíndricos y cada cilindro lleno de agua y procedente a colocar cada muestra de cada tamiz a la estufa a el secado a una temperatura a 105 grados por 24 horas las mismas que posteriormente se pesan (Tecnal, 2020).

7.2.1.3. Densidad del suelo

El suelo a ser considerado como un cuerpo borroso cuenta con dos densidades dentro de las cuales encontramos la densidad media de sus partículas sólidas o conocida como densidad real y la densidad aparente donde se toma en cuenta el volumen de poros (Ramírez et al., 2015).

Densidad real del suelo (Dr)

Se refiere al peso y al volumen de partículas en estado sólido sin tener en cuenta el estado la organización en el suelo. Para determinar la densidad real hay que tener en cuenta el coeficiente

entre la masa del producto y el volumen real que ocupan las partículas y se determina mediante el siguiente método (González & Coronado, 2007)

Densidad aparente del suelo (Da)

Se la determina densidad aparente del suelo a la masa de suelo seco de un volumen de suelo y dicho valor obtenido del mismo se lo relaciona con los poros existentes en dicho volumen de suelo. Los factores de alteración de la densidad aparente por el paso de los tiempos puede ser debido al mal manejo de laboreo del suelo, el pisoteo, el paso de maquinarias, y el crecimiento de raíces de la plantas (Agostini et al., 2014).

Uno de los métodos más utilizados para determinar la densidad aparente es método del hidrómetro H152, cuyo método se apoya en la ley de Stokes que hace referencia a la fuerza de fricción experimentada por los objetos esféricos en movimiento en el seno de un fluido (Jiménez & González, 2020)

7.2.1.4. Porosidad del suelo

Se caracteriza por la determinación de los procesos de infiltración y el escurrimiento del agua los mismos, y es un factor que influyen en la erosión hídrica y el transporte del agua en el suelo. La porosidad está ligada a la actividad biológica existente en el suelo, estructura, textura, y uno de los factores que ayuda al incremento de la porosidad es la materia orgánica, por lo que tienen mayor cantidad de porosidad los suelos coloidales. Entre los espacios existentes de poros podemos observar micro poros y macro poros de los mismos los micro poros no tienen la capacidad de retener el agua por causa de la gravedad, por lo cual llegan a ser los responsables del drenaje, aireación y construyendo así el principal espacio para que las plantas se desarrollen. En cambio, los macro poros son los encargados de la acción de retener el agua de la cual esté disponible para las plantas (González-Barrios et al., 2012).

7.2.2. *Propiedades químicas del suelo*

7.2.2.1. pH del suelo

El potencial de hidrogeno (pH), es la unidad de medida que se encarga de mensurar el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones del suelo. El pH se puede medir de manera adecuada

utilizando una herramienta conocida como pH-metro que nos permite conocer el rango de fluctuación del suelo.

Existe una escala que determina el rango de fluctuación que va desde 0 a 14 cuyo rango se basa en la constante de del equilibrio de disociación del agua. De esta manera cuando el suelo tiene un pH de 7 podemos decir que tiene un pH neutro, con valores mayores a 7 se lo considera alcalino y valores menores al rango de 7 se los considera ácidos (Osorio, s. f.).

Tabla 1.

Rangos de 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: (Corbacho, Garrido, Lorano, & Cantero)

El pH afecta a la solubilidad de los nutrientes disponibles en el suelo y con esto la manera que puede estar disponibles para las plantas, es decir que este factor podría ser la causa de la presencia de deficiencias, toxicidad en las plantas establecidas. Algunos nutrientes pueden estar presentes ya sea en el pH alcalino como en el ácido, pero de igual manera la mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles en rangos de pH de 6 a 7 (Beretta et al., 2014).

7.2.2.2. Materia Orgánica del suelo

Se define como la fracción del suelo donde se encuentran residuos de origen animal y vegetal en diferentes estados de descomposición.

La materia orgánica del suelo cumple muchas funciones como son; ayudar a unir partículas y así formar agregados, mejora la aireación, percolación del suelo y el movimiento de manera descendente del agua, los ácidos orgánicos, utilizan el fosforo y otros nutrientes existentes en el suelo y los hacen de esta manera asimilables para los cultivos (JAIME et al., 2014).

7.2.2.3. Nutrientes del suelo

Las plantas necesitan nutrientes para vivir y desarrollarse, toman nutrientes de su entorno ya sea del agua, aire y suelo.

Los nutrientes son gases del entorno incoloros, son absorbidos por las plantas por los pelos finos de las raíces. La cantidad de nutrientes disponibles en el suelo determinaran el potencial para la alimentación de los organismos vivos.

Existen nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas los cuales están clasificados en macro y micronutrientes esto dependiendo del requerimiento de las plantas para su desarrollo. La falta de nutrientes que necesita la planta para su desarrollo traerá consigo una alimentación no balanceada, que causará un lento desarrollo de la planta y que esta sea más sensible a enfermedades (Abbate & Andrade, 2015).

Tabla 2.

Macro y micronutrientes del suelo

Macronutrientes	Micronutrientes
Carbono (C)	Hierro (Fe)
Hidrógeno (H)	Zinc (Zn)
Nitrógeno(N)	Manganeso (Mn)
Fósforo (P)	Boro (B)
Potasio (K)	Cobre (Cu)
Calcio (Ca)	Molibdeno (Mo)
Magnesio (Mg)	Cloro (Cl)
Azufre(S)	

Fuente: (Diaz, 2014)

Pasta saturada

Es un método que consiste en la extracción con agua destilada una pequeña fracción contiene los nutrientes presentes en la muestra de suelo, dicha muestra es colocada en diferentes ionómetros con respecto al elemento a estudiar (Marca Mamani, 2022).

7.2.2.4. Capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC)

Es aquella capacidad que tiene el suelo para retener y liberar iones de carga negativas, también se refiere al número total de cationes intercambiables que un suelo puede retener.

Es de gran importancia conocer la capacidad de intercambio catiónico de un suelo ya que nos permite conocer el valor que nos indicara el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes.

Una de las mayores influencias sobre el CIC viene de las arcillas y de la materia orgánica. En si el aporte de materia orgánica al suelo permite el incremento en la CIC, de esta manera mejora las propiedades físicas del suelo, también incrementa la infiltración del agua, mejora de igual manera la forma estructural del suelo, disponibilidad de nutrientes y así llegando a disminuir las pérdidas por causa de la erosión (Henríquez et al., 2005).

7.3. Muestreo del suelo

El muestro es aquella actividad que consiste en la recolección de una cierta cantidad de suelo, con la finalidad de realizar un análisis de laboratorio. Dicha muestra recolectada debe presentar las condiciones en las que se encuentra dicho suelo (Conde & Cárdenas, s. f.)

7.3.1. Profundidad de muestreo

La profundidad del muestreo se la determina por el tipo de cultivo que está planteado y por el desarrollo radicular de la misma (Osorio, s. f.-b)

Establece las siguientes profundidades:

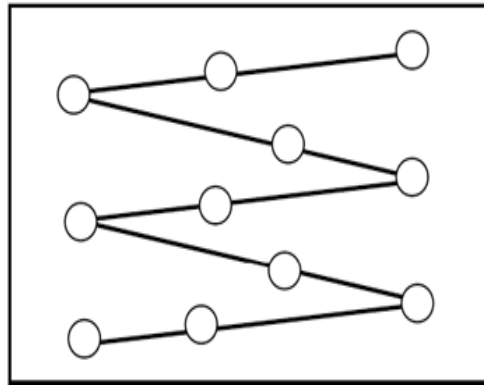
- De 0 a 10 cm para pastos
- De 0 a 25 cm para cultivos de comercialización y pastos de corte
- De 0 a 25 y 25 a 50 cm para frutales, forestales.

7.3.2. Tipos de recorrido en campo

Existen diferentes tipos de recorridos en campo para obtener las muestras del suelo entre ellos tenemos, el tipo de recorrido aleatorio o simple ,tipo de recorrido en cuadrícula, el recorrido en x y el recorrido en zigzag recorridos que permiten obtener una muestra de suelo para proceder a sus respectivos análisis,(Roberts, s. f.) .

7.3.2.1. Recorrido en zigzag

Este metodo consiste en caminar de 25 a 30 paso de manera de lineas cruzadas , se procede a recolectar las muestras de manera que cada muestra sea representativa. Es un metodo aplicado en suelos homogeneos y en cultivoa anuales, pastos (Antonio, 2018).



7.4. Análisis de suelo

Un análisis de suelo es considerado como una herramienta o guía de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales los cuales conllevan a dar recomendaciones de fertilización, en sí ayuda al agricultor a tomar buenas decisiones en cuanto a la relación del suelo y al cultivo. En cuanto a lo que se refiere a la interpretación de te he dicho análisis se utiliza lo que son tablas de fertilidad que contienen valores referenciales para comparación con los resultados obtenidos (Molina, s. f.)

7.5. Índice de error

Se refiere a la diferencia entre el valor verdadero y el valor obtenido experimentalmente, su origen se da debido a diferentes causas (Adrián, 2013).

Con la siguiente formula se puede determinar el porcentaje de margen de error:

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

Fuente: (LibreTexts, 2022)

Los errores se pueden clasificar en dos grupos los errores sistemáticos y errores accidentales.

Errores sistemáticos

Se entiende como error sistemático a la tendencia de subestimar o sobrestimar el estimado de interés, en si afecta a todas las medidas de algún modo las causan pueden ser:

- **Errores instrumentales:** se refiere al error técnico de los instrumentos (calibración).
- **Error personal:** se refiere a los errores humanos debido a las limitaciones de carácter personal (visuales).
- **Error de método de medida:** se refiere a la incorrecta elección del método lo que influye a la inadecuación del aparato de medida (Reidl-Martínez, 2013).

Errores accidentales

Son aquellos errores que se dan debido a las pequeñas variaciones entre observaciones bajo el mismo observador bajo las mismas condiciones.

8. PREGUNTA CIENTIFICA

¿Se puede determinar los requerimientos físicos químicos del suelo mediante prácticas básicas en laboratorio?

9. METODOLOGIA

9.1. Tipos de investigación

Investigación bibliográfica

La investigación es bibliográfica ya que se recopiló información de protocolos, manuales, revistas, artículos científicos, videos, para establecer una propuesta de guía práctica para análisis de propiedades físico químicas del suelo.

Investigación de campo

Es investigación de campo ya el presente proyecto de investigación se basó en la recopilación de datos del lugar de estudio, zonificación del lote número 5, el muestreo en recorrido zigzag.

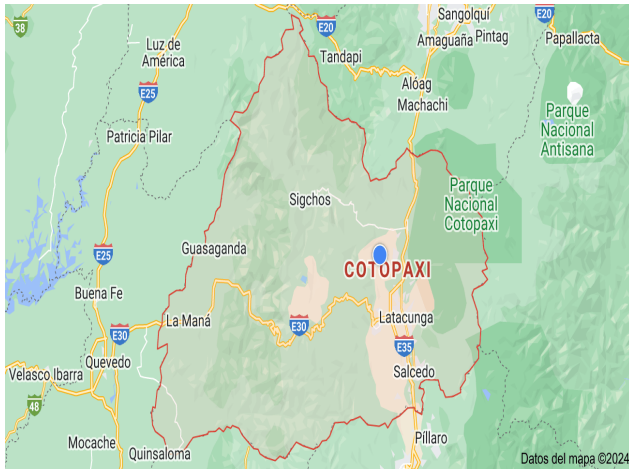
Investigación científica

Esta investigación es científica ya que se evaluaron y analizaron diferentes técnicas y procedimientos para el conocer las propiedades físico químicas del suelo.

9.2. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la Provincia de Cotopaxi, en un lote perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Provincia de Cotopaxi



Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache



Fuente: (Google Eart & Owje, 2024).

Tabla 3.

Ubicación del lugar.

Provincia	Cotopaxi
Cantón	Latacunga
Parroquia	Eloy Alfaro, Salache Bajo
Altitud	2757.591msnm
Longitud	7837"19.16"E
Latitud	0059"47.68"N

Fuente: (Herrera A. , 2024)

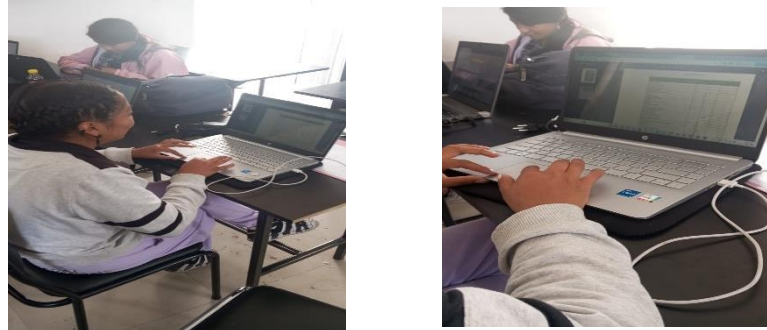
9.3. Fases de investigación

El trabajo de investigación se realizó mediante tres fases como son: fase bibliográfica, fase de campo y fase de laboratorio.

9.3.1. Fase bibliográfica

Se inventario los reactivos, materiales de vidrio y equipos existentes en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache mediante una hoja de checklist para realizar las metodologías de los parámetros físicos (estructura, textura, densidad, porosidad) y químicos

(pH, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico) del suelo en laboratorio basadas en protocolos, manuales, revistas, artículos científicos, videos.



9.3.2. Fase de campo

Para la ejecución del proyecto de investigación se realizó la zonificación y el muestreo en zigzag del lote número 5 en la Universidad Técnica de Cotopaxi del campus Salache, se seleccionaron 6 puntos de sub muestreo distribuido en todo el lote de estudio.

Se tomaron 2 kilogramos de sub muestra en cada uno de los puntos a una profundidad de 30 cm, se procedió a mezclar en un recipiente de plástico con capacidad hasta obtener una muestra homogénea, un kilogramo de muestra se colocó en una funda plástica con su respectiva etiqueta para ser enviada a los laboratorios del INIAP, mientras que la segunda muestra se transporte a los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Imagen 1. Forma de muestreo del lote número 5



Fuente: (Herrera A. & Google earth, Imagen del muestreo de suelo, 2024)

9.3.3. Fase de laboratorio

En los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache, se realizaron las prácticas básicas para análisis de propiedades físicas-químicas de suelo, mediante la propuesta de guía establecida anexo, previamente la muestra de suelo para el análisis se debe dejar airear por 24 horas.



9.3.3.1. Propiedades Físicas del suelo

- **Estructura del suelo método tamizado en seco**

El método utilizado para conocer la estructura del suelo, fue el método de tamizado en seco, el método implica tamizar una mezcla de suelo por una serie de tamices ubicados de mayor a menor de acuerdo con su diámetro. Cuyo método nos permitió determinar el diámetro medio ponderado mediante el peso retenido en cada uno de los tamices y consta de los siguientes materiales. A continuación, se detallan los materiales y el proceso involucrado.

Tabla 4.

Materiales y equipo utilizados en el método de tamizado en seco del suelo

MATERIALES	EQUIPOS
Juego de Tamices	
Brocha	Balanza
Papel Aluminio	

Procedimiento para determinación de la estructura del suelo.

Para determinar la estructura del suelo mediante el método de tamizado en seco, se procedió a apilar los diferentes tamices de mayor a menor con un retenedor al final, una vez apilados se colocó la muestra de tierra en el primer tamiz, se ajitó los tamices manualmente durante 5 min, después se realizó unos pequeños platos con papel aluminio, y luego se procedió a vaciar cada

tamiz en los platos para así obtener el peso de cada uno.

Fórmula para determinación del diámetro medio ponderado.

Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación del diámetro medio ponderado, por medio de cada uno de los pesos retenidos en los tamices.

$$DMP = \frac{M_{ssi} \times X_i}{100}$$

Fuente: (Gomez, 2013)

Donde:

$M_{ssi}\%$ = es el porcentaje de los agregados retenidos en cada tamiz.

X_i = el diámetro medio en cada tamiz.

Interpretacion del diametro medio ponderado.

Con la siguiente tabla se interpretaron los datos obtenidos ,mediante la formula del diametro medio.

Tabla 5.

Interpretación del DMP .

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: (B, Ortega, Castillo , & Chaves, 2017)

- **Textura del suelo método del Hidrómetro**

El método utilizado para conocer la textura del suelo fue con el método del hidrómetro nos permitió determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla), y obtener la clase textural del suelo. Para dicho método se realizó la calibración del hidrómetro

y corrección de menisco para así obtener la curva granulométrica y consta de los siguientes materiales y proceso.

Tabla 6.

Materiales, reactivos y equipos utilizados en el método del hidrómetro

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
Agua destilada		
Papel film	hexametafosfato de sodio	Balanza
Cronómetro		
2 probetas aforadas de 1000m		
Hidrómetro H152		
Termómetro		
Vaso de precipitado 1000 ML		
Agitador de vidrio		

Procedimiento para la determinación de la textura del suelo.

En un vaso precipitado de 1000 mL se añadieron 5 g de hexametafosfato de sodio, mientras que en una probeta aforada de 1000 mL se agregaron 125 mL de agua destilada. Luego, se transfirió esta cantidad de agua destilada al vaso precipitado que contenía el hexametafosfato de sodio y se procedió a disolverlo completamente con la ayuda de un agitador de vidrio. Una vez preparada la solución, se incorporó el suelo y se mezcló de manera uniforme durante 5 minutos con un agitador. Posteriormente, la solución se dejó reposar durante 24 horas para permitir que el hexametafosfato de sodio separara o dispersara todas las partículas presentes en el suelo.

Seguidamente, en una probeta de 1000 mL se dispusieron 750 mL de agua destilada y 30 g de hexametafosfato de sodio, los cuales se disolvieron completamente con la ayuda de un agitador de vidrio. Esta solución se dejó reposar con el hidrómetro sumergido. En otra probeta aforada de 1000 mL se colocaron 125 mL de agua destilada y 5 g de hexametafosfato de sodio, los cuales se disolvieron completamente mediante agitación. Esta solución se agregó a la solución previamente preparada y reposada en el vaso precipitado. La mezcla resultante se agitó durante 1 minuto con un agitador de vidrio.

Posteriormente, la solución obtenida se transfirió a la probeta de 1000 mL, enjuagándola tres veces hasta alcanzar la línea de aforo de los 1000 mL. Se selló la boca de la probeta con papel film y se agitó horizontalmente durante 1 minuto. Luego, se colocó la probeta en posición vertical y se introdujo cuidadosamente el hidrómetro en la solución preparada con suelo. Se tomaron lecturas cada minuto durante 5 minutos, registrando también la temperatura con un termómetro en los mismos intervalos de tiempo.

Pasados los 30 minutos, se retiró el hidrómetro y se sumergió en una solución de agua destilada con hexametáfosfato de sodio durante otros 30 minutos. Luego, se volvió a colocar el hidrómetro en la solución con suelo y se tomaron lecturas a los 30, 60, 120, 180, 240 minutos, registrando también la temperatura en cada intervalo de tiempo.

Interpretación de resultados para determinar la textura del suelo

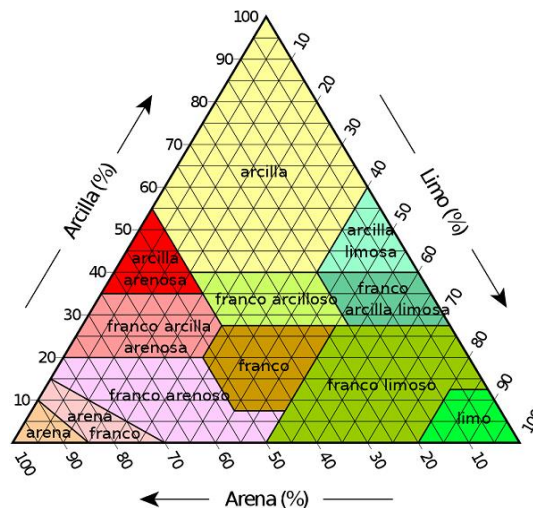
Se utilizó la siguiente tabla para determinar el diámetro de las partículas del suelo en mm. Y el triángulo textural para determinar la clase textural del suelo, mediante los porcentajes de arena limo y arcilla obtenidos.

Tabla 7.

Diámetro de partículas del suelo.

Nombre	Diámetro de las partículas (mm)
Arcilla	< 0.002
Limo	0.002 – 0.005
Arena	0.005 – 2

Fuente: (González, Coronado, & Acosta, 2007)



Fuente: (Edea, 2019)

- **Densidad aparente del suelo (Da)**

La densidad aparente del suelo (D_a) es un indicador clave del estado físico del suelo. Para determinarla, es necesario conocer el volumen del suelo, lo cual se logra mediante el uso del método de cilindros indeformables. Este método y las fórmulas asociadas nos permiten obtener una medida precisa de la densidad aparente, proporcionando información valiosa sobre la estructura del suelo, su porosidad y su capacidad de retención de agua y nutrientes. A continuación, describiremos las fórmulas y el proceso detallado para calcular la densidad aparente del suelo.

Tabla 8.

Materiales, y equipos utilizados para conocer la densidad aparente

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

Procedimiento para la determinación de la densidad aparente.

Para la determinación de la densidad aparente se procedió colocar el suelo en un recipiente metálico y se dejó secar la muestra en la estufa a 105°C durante 1 hora. Se procedió a dejar enfriar en el desecador y por consiguiente se añadió el suelo en la probeta aforada de 50 ml hasta la mitad y se procedió a pesar (M).

Fórmula para la determinación del volumen de la muestra.

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

Fuente: (Infoagronomo, 2022)

Donde:

d=diámetro

h=altura

Fórmula para la determinación de la densidad aparente (Da) según la expresión.

Con la siguiente formula se determinó la densidad aparente el peso del suelo seco y el volumen de la muestra.

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

Fuente: (Thays, 2017)

Donde:

M=es el peso del suelo seco a 105°C

V=volumen de la muestra

Interpretación de resultados obtenidos de la densidad aparente del suelo.

Con la siguiente tabla se interpretaron los datos obtenidos, mediante la fórmula de la densidad aparente.

Tabla 9.

Clasificación de la densidad aparente.

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: (Américo & Hossne, 2008)

- **Densidad real del suelo (Dr)**

Se realizó la práctica de la densidad real por medio del método del picnómetro, ya que permitió conocer la masa de la sustancia para obtener la densidad real del suelo del lote número 5. Para determinar la densidad real hay que tener en cuenta el coeficiente entre la masa del producto y el volumen real que ocupan las partículas y se determina mediante las siguientes formulas y proceso.

Tabla 10.

Materiales de la práctica de densidad real

MATERIALES
Tamiz de 2.0 mm
Embudo de cristal
Pipeta graduada de 10 ML
Agua destilada
Balón aforado de 100 ml

Procedimiento para la determinación de la densidad real.

Para la determinación de la densidad real del suelo se procedió agregar en el balón aforado de 100 ml con ayuda de la pipeta agua destilada hasta el aforamiento (P2), el agua destilada que se encuentra en el balón aforado se vertió 60 ml a la probeta aforada de 100 ml. Y con ayuda del embudo se agregó el suelo en el balón aforado de 100 ml y a continuación se vertió agua destilada hasta el aforamiento (P3).

Fórmula para la determinación del volumen.

Con los respectivos pesos se procedió a calcular el volumen requerido en la fórmula de la densidad real.

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

Donde:

P1= Peso del suelo

P2= Peso del balón más agua destilada

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

Fórmula para la determinación de la densidad real del suelo.

Mediante la siguiente formula se determinó la densidad real del lote número 5.

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

Fuente: (Thays, 2017)

Donde:

M = Masa P1 g

V = Volumen cm³

Interpretación de resultados obtenidos de la densidad real del suelo.

Con la siguiente tabla se interpretaron los datos obtenidos, mediante la fórmula de la densidad real.

Tabla 11.

Clasificación de la densidad real de los suelos.

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

Fuente: (Plata, 2019)

- **Porosidad del suelo**

Este análisis nos permitió evaluar la capacidad del suelo para retener y movilizar el agua, así como su habilidad para facilitar la circulación del aire. Para determinar la porosidad del suelo, se empleó un método de cálculo indirecto, basándose en los valores obtenidos de la densidad real (Dr) y la densidad aparente (Da) del suelo. La porosidad se calculó utilizando la siguiente fórmula:

Fórmula para la determinación de la porosidad del suelo.

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

Fuente: (Plata, 2019)

Donde:

Dr. = Densidad real

Da = Densidad aparente

Interpretación de la porosidad del suelo.

Con la siguiente tabla se interpretaron los datos obtenidos, mediante la fórmula de la porosidad.

Tabla 12.

Porcentaje de porosidad.

% 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: (Cueto, Corone, Suárez, Bravo, & Iznaga, 2008)

Propiedades Químicas del suelo

- **Potencial de hidrogeno del suelo (pH).**

Para determinar el potencial de hidrógeno (pH) del lote número 5, y así conocer su nivel de acidez o alcalinidad, se emplearon materiales específicos y se siguió un proceso detallado. A continuación, se describen los materiales utilizados y el procedimiento llevado a cabo para esta medición.

Tabla 13.

Materiales y equipos de la práctica de pH

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

Procedimiento para la determinación del potencial de hidrogeno del suelo.

Para determinar el potencial de hidrógeno (pH) del lote número 5, se siguió el siguiente proceso, que permitió identificar el nivel de alcalinidad o acidez del suelo. Primero, se pesaron 10 g de suelo previamente secado al aire. Luego, esta muestra fue tamizada usando un tamiz de 2 mm

de abertura. Una vez tamizada, se colocó en un vaso de precipitados de 50 ml. A continuación, se añadieron 25 ml de agua destilada a la muestra. Después de agregar el agua, se agitó la suspensión vigorosamente durante 5 minutos, y luego se dejó reposar por 30 minutos para permitir que se alcanzara el equilibrio iónico.

Antes y después de realizar las mediciones, se limpió y secó cuidadosamente el electrodo del pH-metro utilizando agua destilada y papel de filtro para garantizar lecturas precisas. Con el pH-metro debidamente calibrado y tras esperar los 30 minutos necesarios para el equilibrio, se sumergió el electrodo en la suspensión. Entonces se encendió el pH-metro para tomar la medición y verificar el rango de pH del suelo del lote número 5.

Interpretación del rango del potencial de hidrogeno pH.

Con la siguiente tabla se interpretó el rango de pH obtenido.

Tabla 14.

Rangos de 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: (Corbacho, Garrido, Lorano, & Cantero)

- **Materia Orgánica del suelo método por calcinación o muflado**

La estimación de la materia orgánica en el suelo mediante la pérdida por ignición o calcinación es un método eficaz que nos permitió determinar el contenido de materia orgánica presente. Este método se basa en la medición del peso perdido por una muestra de suelo tras ser sometida a altas temperaturas, lo cual asume que la pérdida de peso se debe principalmente a la

combustión de la materia orgánica. A continuación, se describen los materiales, fórmulas y el proceso utilizado para este método.

Tabla 15.

Materiales y equipos de la práctica de materia orgánica

MATERIALES	EQUIPOS
Tamiz	
Cuchara	Balanza analítica
Crisoles de porcelana de 50 ML	Quemador o mufla
Desecador de vidrio	
Guantes térmicos	Estufa
Pinzas	

Procedimiento para la determinación de la materia orgánica del suelo.

El proceso comenzó con la preparación de los crisoles. Primero, se colocaron crisoles de 50 ml en la mufla y se calentaron a una temperatura de 430 °C durante 2 horas para eliminar cualquier humedad residual. Utilizando guantes de protección térmica y pinzas, se extrajeron cuidadosamente los crisoles de la mufla y se colocaron directamente en un desecador para permitirles enfriar a temperatura ambiente. Una vez fríos, cada crisol fue pesado en una balanza analítica de precisión para registrar su peso vacío. Este valor fue cuidadosamente anotado. Para evitar confusiones durante el experimento, marcamos cada crisol con un lápiz, ya que cada uno tiene un peso único.

Con los crisoles ya preparados, procedimos a pesar 5 gramos de muestra de suelo en la balanza analítica de precisión. Esta muestra provino de un lote de 100 gramos de suelo que había sido tamizado y secado previamente a 105 °C en una estufa. Posteriormente, colocamos los crisoles, cada uno conteniendo 5 gramos de suelo, dentro de la mufla precalentada a 430 °C y los dejamos ahí durante 2 horas. Transcurrido este tiempo, retiramos cuidadosamente los crisoles de la mufla utilizando las pinzas y los colocamos de nuevo en el desecador para que se enfriaran. Finalmente, una vez enfriados, pesamos nuevamente las muestras de suelo en los crisoles y anotamos el peso posterior a la exposición a 430 °C.

Fórmula utilizada para determinar el peso del suelo a los 105 °C.

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

Fuente: (Lescay & Pérez, 2022)

Fórmula para la determinación del porcentaje de materia orgánica del suelo.

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

Fuente: (Lescay & Pérez, 2022)

Dónde:

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.

Dónde:

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 del porcentaje de materia orgánica del suelo.

Con la siguiente tabla se interpretaron los datos obtenidos del porcentaje de la materia orgánica del lote número 5.

Tabla 16.

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: (Lescay & Pérez, 2022)

Nutrientes del suelo pasta saturada

Para conocer la concentración de nutrientes del suelo se utilizaron los ionómetros que consiste en la extracción con agua destilada una pequeña fracción que contiene los nutrientes presentes en la muestra de suelo.

Para dicha caracterización se utilizó los siguientes materiales y equipos y el siguiente procedimiento.

Tabla 17.*Materiales y equipos de la práctica de materia orgánica*

MATERIALES	EQUIPOS
Tamiz #60	Ionómetros
Agua destilada	Balanza analítica
Botellas de plástico 500ml	Embudo buchner
Papel film	Espátula
Papel filtro	Capsula de porcelana
	Kitasato, Bomba de vacío

Procedimiento para la determinación de los nutrientes del suelo.

Inicialmente, se pesaron 200 gramos de la muestra de suelo y se transfirieron a una cápsula de porcelana. Luego, se preparó una muestra de lodo agregando agua destilada a la muestra de suelo y mezclando con una espátula hasta obtener una pasta homogénea y brillante que se deslizara suavemente por las paredes de la cápsula de porcelana. Esta mezcla se cubrió con film transparente y se dejó reposar durante dos horas para asegurar la saturación del suelo, es decir, alcanzar la cantidad máxima de agua que puede retener.

Posteriormente, se verificó el estado de saturación de la muestra. Se colocó un papel filtro del tamaño adecuado en un embudo buchner y se vertió la pasta previamente reposada en el embudo. Luego, se conectó el embudo a una bomba de vacío para facilitar el proceso de filtración. Una vez completada la filtración, se tomaron tres gotas del filtrado y se colocaron en los ionómetros para medir cada uno de los parámetros requeridos.

Interpretación de la concentración de los nutrientes en el suelo.

Con la siguiente tabla se interpretaron los datos obtenidos de cada uno de los nutrientes.

Tabla 18. Nutrientes del suelo

Nutrientes	Niveles en ppm		
	Bajo	Medio	Alto
Potasio(k)	<76	76-150	>150
Calcio (Ca)	< 41	41-140	>140
Sodio (Na)	<80	80-400	>400
Conductividad Eléctrica	<500 dS/m	500-1000 dS/m	>1000 dS/m

Fuente: (Iniap, 2024)

Capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC)

La determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo es una práctica de gran relevancia, ya que nos proporciona información crucial sobre la capacidad del suelo para retener e intercambiar nutrientes. Para llevar a cabo esta práctica, se emplearon diversos materiales, equipos y reactivos, junto con un proceso específico. A continuación, se detallan los elementos utilizados y el procedimiento seguido.

Tabla 19.

Materiales, equipos y reactivos de la práctica de capacidad de intercambio catiónico

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
lenmeyer con tabuladora lateral de 500 ml	Formol al 37%	Balanza analítica
Embudo Buchner	Acetato de NH ₄	Bomba de vacío
Vaso de precipitado de 100 ml	Cloruro de sodio al 10%	Estufa
Espátula	Fenolftaleína	
Agua destilada		
Probeta aforada de 50 ML		
Soporte universal con pinza para bureta		
Papel de filtro		
Tamiz de 2mm		
Balones aforados de 1lt y 100 ml		
Botellón ámbar de 5 lt		
Frasco lavador		
Bureta volumétrica de 25 ML		
Pipeta aforada de 50 ML		
Bandeja de transporte		
Embudo Buchner		

Procedimiento para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

El procedimiento comenzó con la pesada de 10 gramos de suelo, registrando su peso inicial. A continuación, la muestra de suelo se colocó en una estufa durante 30 minutos. Pasado este tiempo, se extrajo la muestra de suelo de la estufa y se volvió a pesar para obtener su peso final, permitiendo así calcular la humedad del crisol.

Una vez determinada la humedad, se transfirió la muestra de suelo a un vaso de precipitación. Se agregaron 25 ml de acetato de amonio (previamente preparado disolviendo 100 gramos de NH₄ en 100 ml de agua destilada) y se agitó durante 15 minutos. Posteriormente, la muestra de suelo se filtró y el líquido filtrado se utilizó para la titulación en blanco.

El embudo se trasladó a un Erlenmeyer y se lavó con 25 ml de agua destilada en varias porciones para eliminar el exceso de acetato de amonio en el suelo. Luego, se descartó el líquido filtrado. El embudo se movió a otro Erlenmeyer y se agregaron 25 ml de solución de NaCl al 10% en porciones, desechando el líquido posteriormente. Se añadieron 10 ml de formaldehído al 37% y se agitó manualmente durante 10 segundos. A continuación, se añadieron 4-5 gotas de fenolftaleína y se agitó nuevamente antes de proceder a la titulación con solución de NaOH 0,5 N. Se registró el volumen consumido de NaOH 0,5 N durante la titulación.

Fórmula para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

$$C.I.C \left(\frac{Meq}{100gr} \right) = \frac{(mlm - mlb) * N(100 + Pw)}{Pm}$$

Dónde:

Mlm: ml de NaOH gastados en la titulación del extracto de la muestra.

Mlb: ml de NaOH gastados en la titulación en blanco.

N: normalidad del NaOH.

Pw: humedad de la muestra de suelo.

Pm: peso de la muestra.

Interpretación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

Con la siguiente tabla se interpretaron los datos obtenidos de la capacidad de intercambio catiónico del lote número 5.

Tabla 20.

Valores estimativos de la CIC.

Valor (meq/100 gr de suelo)	Nivel
< 10	Bajo
10 – 20	Medio
>20	Alto

Fuente: (Diaz, 2014)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Análisis y discusión de las propiedades físico químico del suelo.

10.1.1. Propiedades físicas del suelo

- **Estructura del suelo**

El método empleado para analizar el diámetro medio ponderado del suelo fue el tamizado en seco. A través de este método, se obtuvieron los datos correspondientes en milímetros, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 21.

Promedio del diámetro medio ponderado de seis muestras.

Muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio del DMP en (mm)
DMP en (mm)	1,14	1,13	1,13	1,14	1,13	1,14	1,13

La tabla muestra el promedio del diámetro medio ponderado, expresado en milímetros, de las seis muestras de suelo obtenidas del lote número 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache. El promedio resultante es de 1,13 mm, ubicándose en el rango de 0,5 a 1,5 mm, lo que indica una estabilidad moderada (ligeramente estable) según la tabla de interpretación de resultados establecida en la guía de prácticas básicas de laboratorio

Según (Castro, Blanco, & Mota, 2011), al tener un suelo moderadamente estable, representa que tenemos un suelo con resistencia a diferentes factores de deterioro, como la labranza, la humedad, sequía, pero no se encuentra en su estado completo de estabilidad del mismo, pero es un suelo que permite el desarrollo y crecimiento de cultivos.

- **Textura del suelo**

Se utilizó el método del hidrómetro para analizar la textura del suelo, a través del cual se obtuvieron los datos correspondientes en porcentaje de las diferentes partículas del suelo.

Además, gracias a este método, se pudo determinar el tipo textural del suelo en relación a estas partículas.

Tabla 22.

Clase Textural del suelo y su índice de error y eficiencia.

Partículas del suelo	% ARENA	% LIMO	%ARCILLA	Clase Textural del suelo.
Laboratorios de la UTC	51,4	35,6	13	Franco Arenoso
Laboratorio del INIAP	56	32	12	Franco Arenoso
Índice de error %	8,21	11,25	8,33	
%Eficiencia	91,79	82,5	91,67	

La tabla muestra el porcentaje de las partículas de arena, limo y arcilla en la muestra de suelo del lote 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache, tanto en los resultados obtenidos en los laboratorios de la universidad como en el análisis del suelo realizado por el INIAP.

En los laboratorios de la UTC, el porcentaje de partículas de arena es del 51,4 %, mientras que en el análisis de suelo del INIAP es del 56 %, con un índice de error del 8,21 % y una eficiencia del 91,79 %. Respecto al limo, en los laboratorios de la UTC se obtuvo un valor del 35,6 %, mientras que en el análisis del suelo del INIAP se registró un 32 %, con un índice de error del 11,25 % y una eficiencia del 82,5 %. Por último, el porcentaje de partículas de arcilla en los

laboratorios de la UTC es del 13 %, y en el análisis del INIAP es del 12 %, con un índice de error del 8,33 % y una eficiencia del 91,67 %.

En relación con la clase textural del suelo del lote número 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, tanto los resultados del análisis del INIAP como los de las prácticas de laboratorio de la universidad utilizando diferentes métodos indican un tipo de suelo Franco Arenoso.

Según (Bolufer , 2023), tener un suelo franco arenoso implica condiciones como un buen drenaje, una adecuada aireación y una facilidad para la labranza. Sin embargo, también implica una baja retención de nutrientes, lo que hace necesario el acceso a diversos factores para mejorar la productividad en el mismo.

Densidad del suelo

- **Densidad Real**

Tabla 23.

Media de la densidad real de 6 muestras.

Muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio de la densidad real en (g/cm³)
Densidad real en (g/cm³)	2,10	2,08	2,05	2,06	2,04	2,13	2,08

La tabla muestra el promedio de la densidad real en g/cm³ de las seis muestras de suelo obtenidas del lote 5 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache. La media es de 2,08 g/cm³, lo cual indica un valor muy bajo ya que se encuentra por debajo del rango de 2,4 g/cm³ según la tabla de interpretación establecida en la guía de prácticas básicas de laboratorio.

Según la (FAO, 2024) al tener el suelo una densidad real baja no indica que sea un ambiente muy favorable para el crecimiento y desarrollo de plantas.

- **Densidad Aparente**

Tabla 24.

Media de la densidad aparente de 6 muestras.

Muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio de la densidad aparente en (g/cm³)
Densidad Aparente en (g/cm³)	1,42	1,41	1,41	1,42	1,33	1,41	1,40

La tabla muestra el promedio de la densidad aparente en g/cm³ de las seis muestras de suelo obtenidas del lote 5 de la Universidad. El promedio es de 1,40 g/cm³, lo que indica una densidad aparente media en la escala de interpretación. Se encuentra dentro del rango de 1,2 a 1,45 g/cm³, según lo establecido en la tabla de interpretación de la guía de prácticas básicas de laboratorio.

Según (Plata, 2019) , nos comenta que al tener valores de densidad aparente altos aumenta los problemas de compactación, en general el rango de la densidad aparente es una referencia que indica la degradación de la estructura del suelo. Al tener un rango medio en nuestra densidad aparente, estaría representado a un suelo que no cuenta con problemas de compactación.

- **Porosidad del suelo**

Tabla 25.

Media de la porosidad de 6 muestras.

Muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio en % de Porosidad
% Porosidad	32,38	32,21	31,22	31,07	30,58	33,80	31,88

La tabla muestra el promedio en porcentaje de porosidad de las seis muestras de suelo obtenidas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache. La media es de 31,88%, lo que indica un valor bajo ya que se encuentra dentro del rango de 30 a 40% según la tabla de interpretación establecida en la guía de prácticas básicas de laboratorio.

Según (Pérez & Kients, 2003), es de gran importancia conocer la porosidad del suelo ya que es un factor importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que es vital para las mismas que la existencia de agua en los poros al igual que el oxígeno.

10.1.2. Parámetros químicos

- **Potencial de hidrogeno (pH) del suelo**

Se empleó el método de pH en agua en el laboratorio para cuantificar el pH del suelo del lote número 5. A continuación, se presentan los respectivos rangos de pH de las seis muestras de suelo obtenidos mediante este método.

Tabla 26.*Rangos de pH de suelo de seis muestras.*

Muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio del rango de PH
Rango de PH	8,35	8,35	8,33	8,31	8,35	8,32	8,34

La tabla presenta el promedio del rango de pH de las seis muestras de suelo obtenidas. La media resultante fue de 8,34, mientras que en el análisis de suelos del INIAP se registró un valor de 8,40, indicando un pH moderadamente básico ya que se encuentra dentro del rango de 7,9 a 8,4. Mediante el cálculo del porcentaje del índice de error y considerando ambos valores obtenidos, se determinó un índice de error de 0,71 y una eficiencia del 99,29%.

En cuanto a la disponibilidad de nutrientes según el rango de pH a mayor rango los nutrientes como fósforo y la mayoría de los micronutrientes se hacen menos disponibles (Extension, 2016).

- **Materia orgánica del suelo**

Se utilizó el método por calcinación para obtener el porcentaje de materia orgánica de las seis muestras de suelo del lote número 5 que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 27.*Media de porcentaje de materia orgánica del suelo*

Muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio del % Materia Orgánica
% Materia Orgánica	1,98	1,81	1,59	1,43	1,43	1,48	1,62

La tabla muestra el promedio del porcentaje de materia orgánica del suelo obtenido a partir de las seis muestras, con un promedio de 1,62%. En el análisis del INIAP, este valor es ligeramente mayor, alcanzando un 1,76%. Esto indica que se sitúa en un nivel medio, ya que se encuentra dentro del rango de 1,0 a 3,0%. Mediante el cálculo del porcentaje del índice de error y considerando ambos valores obtenidos, se determinó un índice de error del 7,95% y una eficiencia del 92,05%.

Según (Lado, 2002) la presencia de materia orgánica en el suelo es un gran contribuyente ya que permite mantener en una adecuada condición las propiedades físicas químicas del suelo.

Según (Julca, Meneses, Blas, & Bello, 2006), tener altos porcentajes de materia orgánica en el suelo no es beneficioso para los cultivos planteados en dicho suelo, ya que hongos, bacterias y otros organismos no pueden vivir en un suelo con exceso de carga orgánica lo que quiere decir que saldrán a la superficie y contaminaron o invadirán a los cultivos. Y el bajo contenido de materia orgánica en el suelo genera la baja estabilidad del suelo, afectando de esta manera a su fertilidad y al crecimiento, desarrollo de los cultivos.

Nutrientes del suelo

El método empleado para evaluar la disponibilidad de nutrientes en el suelo fue a través de la técnica de la pasta saturada en los ionómetros. A continuación, se presentan los datos respectivos en partes por millón (ppm) de los nutrientes analizados en la tabla adjunta.

Tabla 28. Media de los nutrientes del suelo de seis muestras, con su índice de error y eficiencia.

Muestras de suelo	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	Promedio ppm UTC	INIAP ppm	Índice de error %	% Eficiencia
K+	425	422	421	423	422	425	422,5	414,5	2	98
Ca²⁺	2433	2428	2430	2434	2433	2437	2433	2673,2	9	91

Promedio de potasio K es de 422,5 ppm y de calcio 2433 ppm se encuentran en un nivel alto según la tabla de interpretación propuesta en la guía del laboratorio, con su respectivo índice de error y eficiencia y el respectivo resultado del análisis del INIAP del mismo lugar, en el caso del potasio (k) tenemos un índice de error del 2% y la eficiencia del 98%, del calcio (Ca) un error del 9% y la eficiencia del 91 %. Esto a comparación de los dos valores.

Según (Labiser, 2020), el exceso del potasio en el suelo con lleva a la concentración de nutrientes como calcio, magnesio en la planta lo que influye a un bloqueo de los mismos en el suelo.

Según (Agromatica, 2024) la presencia de niveles elevados de calcio en el suelo puede influir en la disminución de otros nutrientes importantes como el magnesio, hierro y zinc, lo cual afecta tanto la calidad como la cantidad de la cosecha. Además, un exceso de calcio puede causar problemas de toxicidad en las plantas.

Tabla 29. Media de los nutrientes y la conductividad eléctrica del suelo, de seis muestras

Sub muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio (ppm)
Na+ (ppm)	210	190	150	210	120	230	200
NO ₃ - (ppm)	300	520	350	280	460	200	325

En la presente tabla se refleja el promedio de las seis muestras del sodio (Na) y de los nitratos del lote 5 de la UTC, campus Salache, cuyo dato del sodio es de 200 ppm y los nitratos de 325 ppm, el sodio obtenido se encuentra en un rango de 80-400 ppm quiere decir que tiene un rango medio y en caso de los nitratos (NO³) se encuentran en un rango alto, según la tabla de interpretación propuesta en la guía de prácticas básica de laboratorio.

Según (Ávila & Canul, 2002) al tener altos niveles de nitratos presentes en el suelo perjudica a la calidad del agua, dando un riesgo para la salud de animales y plantas que consumen el cultivo establecido.

Conductividad Eléctrica

Tabla 30.

Media de la conductividad eléctrica

Muestras de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio (dSm-1)
COND (dSm-1)	1562	1591	1350	1377	1318	1318	1363,5

En la presente tabla se refleja el promedio de la conductividad eléctrica de las 6 muestras, cuyo promedio es 1363,5 (dSm-1) alto ya que se encuentra en el rango de >1000 dS/m.

Según (Simón et al., 2013) cuando la conductividad eléctrica es elevada en el suelo, presenta una gran cantidad de sales en el mismo y afectando así a la biomasa de las raíces de la planta.

Capacidad de intercambio catiónico del suelo

Se utilizó el método de titulación NaOH, para conocer la capacidad de intercambio catiónico de las 6 muestras del suelo del lote número 5 y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 31. Promedio de C.I.C de las seis muestras de suelo

Muestra de suelo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio de la C.I.C en meq/100 gr de suelo
C.I.C en meq/100 gr de suelo	12,21	12,72	11,63	12,26	11,72	12,23	12,22

En la tabla se refleja el promedio de la C.I.C en meq/100 gr obtenido de las 6 muestras, cuyo promedio es de 12,22 meq/100 gr de suelo media, ya que se encuentra en el rango de 10 - 20 meq/100 gr de suelo.

Según (FAO, 2024) el rango o nivel de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo muestra la facilidad de retener los cationes disponibles, y la disponibilidad de los nutrientes así la planta. Expresa que suelos con baja capacidad de intercambio catiónico, indican la baja capacidad de retención de nutrientes, suelos arenosos o pobres en materia orgánica.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se ha preparado una propuesta de guía que consta de nueve prácticas básicas para el análisis de las propiedades químicas fundamentales del suelo. Esta guía se ha desarrollado considerando los insumos, materiales y equipos disponibles en los laboratorios de nuestra Universidad, y ha sido elaborada tras una revisión exhaustiva de diversos recursos bibliográficos relacionados con el tema.

Se realizaron análisis exhaustivos de las propiedades físicas y químicas del suelo del lote número cinco. Tanto en el análisis de suelo llevado a cabo por el INIAP como en los realizados en los laboratorios de nuestra Universidad, se encontraron resultados dentro de los mismos

rangos de interpretación. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los laboratorios de nuestra Universidad:

En cuanto a las propiedades físicas, se determinó que la estructura del suelo tiene un diámetro medio ponderado de 1,13 mm, lo que se considera moderadamente estable. Se clasifica como franco arenoso en ambos análisis, tanto en el del INIAP como en el de nuestros laboratorios. La densidad real del suelo es de 2,08 g/cm³, lo que indica un valor bajo, mientras que la densidad aparente es de 1,40 g/cm³, calificada como media. La porosidad del suelo se registró en un 31,88 %, considerada escasa para la capa arable. Respecto a las propiedades químicas, se encontró que el pH del suelo tiene un rango de 8,34, lo cual lo sitúa en un nivel moderadamente básico. El contenido de materia orgánica es del 1,62 %, lo que se considera un nivel medio. La conductividad eléctrica se registró en 1363,5 dSm-1, clasificada como media. La capacidad de intercambio catiónico se determinó en 12,22 meq/100gr, también considerada media. En cuanto a los nutrientes, el contenido de potasio (K) fue de 422,5 ppm en los resultados de nuestros laboratorios y 414,5 ppm en el análisis del INIAP, ambos clasificados en un rango alto. El calcio (Ca) se registró en 2433 ppm en nuestros resultados y 2673,2 ppm en los del INIAP, también considerados altos. Por último, el contenido de sodio (Na) fue de 200 ppm, clasificado como medio, mientras que los nitratos se encontraron en 325 ppm, considerado alto.

Recomendaciones

Ampliar la investigación sobre métodos y técnicas que posibiliten la comprensión y análisis del rango o nivel de diversas propiedades físico-químicas del suelo.

Para mejorar la porosidad del suelo se recomienda utilizar cultivos de cobertura, realizar también una rotación de cultivos, aumentar la materia orgánica para que el suelo incremente su capacidad de retener humedad y mejorar la estabilidad de los agregados.

Para favorecer la conductividad eléctrica del suelo se recomienda asegurar la calidad de agua de riego.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, P., & Andrade, F. (2015). *Los nutrientes del suelo y la determinación del rendimiento de los cultivos de granos* (pp. 165-204).
- Adrián, L. (2013). *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*. 5.
- Agostini, M. D. L. Á., Monterubbianesi, M. G., Studdert, G. A., & Maurette, S. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del suelo*, 32(2), 171-176.
- Américo, J., & Hossne, G. (2008). *La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57313050001>.
- Antonio, L.-R., William. (2018). *Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio*. Universidad Piloto de Colombia.
- B, J., Ortega, J., Castillo, J., & Chaves, G. (2017). *Diagnóstico de problemas de manejo del suelo con abonos orgánicos utilizando un mini simulador de lluvia*. doi:<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.71>
- Beretta, A., Bassahum, D., & Musselli, R. (2014). http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S230115482014000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es. *Agro ciencia (Uruguay)*, 18(2), 90-94.
- Carvajal, R. R. (s. f.). *Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos*.
- Conde, C. J. H., & Cárdenas, I. C. M. (s. f.). *Guía de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos*.
- Corbacho, A., Garrido, J., Lorano, S., & Cantero, J. (s.f.). *Análisis de suelo*.
- Cueto, O., Corone, C., Suárez, M., Bravo, E., & Biznaga, Á. (2008). *Efecto de la humedad y la presión sobre el suelo en la porosidad total de un Rhodic Ferralsol*. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/932/93217211.pdf>
- Dalzell, H. W. (1991). *Manejo del suelo: Producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. Food & Agriculture Org.
- Díaz, J. E. (24 de junio de 2014). *Fertilidad del Suelo*. Obtenido de https://www.engormix.com/agricultura/cuidado-suelo/fertilidad-suelo_a31271/
- Figuroa Jáuregui, M. de L., Martínez Menez, M. R., Ortiz Solorio, C. A., Fernández Edea. (2019). *Texturas y estructuras*.

Obtenidodehttps://edea.juntadeandalucia.es/bancorecursos/file/1a663d21062641048095b9c5cf6c4835/1/esan_2019042412_9110826.zip/11_texturas_y_estructuras.html?temp.hn=true&temp.hb=true

Reynoso, D., Figueroa Jáuregui, M. de L., Martínez Menez, M. R., Ortiz Solorio, C. A., & Fernández Reynoso, D. (2018). *Influencia de los factores formadores en las propiedades de los suelos en la Mixteca, Oaxaca, México*. *Terra Latinoamericana*, 36(3), 287-299. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i3.259>

González, H. M., & Coronado, J. G. (2007). *El método del hidrómetro: Base teórica para su empleo en la determinación de la distribución del tamaño de partículas de suelo*. 16(3).

González-Barrios, J. L., González-Cervantes, G., & Chávez-Ramírez, E. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(1), 21-32.

Google Eart, G., & Owje, M. (2024). Obtenido de <https://mapas.owje.com/16215/cotopaxi.html>

Herrera, A. (2024). *Métodos de caracterización de suelo*.

Herrera, A. (2024). *Parámetros de caracterización de suelo, resultados*.

Herrera, A. (2024). *Parámetros caracterizables del lugar de estudio*.

Herrera, A. G. (2023). *pH del suelo del lote 5 de las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache*.

Herrera, A., & Google earth. (2024). *Imagen del muestreo de suelo*.

Infoagronomo. (04 de octubre de 2022). *Densidad aparente, que es y cómo se mide*. Obtenido de <https://infoagronomo.net/densidad-aparente-que-es-y-como-se-mide/>

Iniap. (2024). *Interpretación de los análisis de los suelos y recomendaciones de fertilización*. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/4627>

Henríquez, M., Pérez, J., Gascó, J. M., & Rodríguez, O. (2005). *Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio*. *Bioagro*, 17(1), 59-62.

JAIME, P. C., MARTA, L.-A. R., & ROSA M, P. C. (2014). *Edafología: Uso y protección de suelos*. Ediciones Mundi-Prensa.

Marca Mamani, E. B. (2022). *Evaluación de técnicas de medición para la determinación de conductividad eléctrica (ce) y la relación del suelo (ph) en pasta saturada mediante ecuacionesdeedafotransferencia*. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31503>

- Lescay, E., & Pérez, R. (2022). *La aptitud de los suelos para la producción de caña de azúcar. Parte I. Calibración en condiciones experimentales y de producción*. 49. Obtenido de <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-42-2015/numero-2-2015/41-influencia-de-la-abeja-melifera-en-el-rendimiento-del-cultivo-de-la-calabaza-cucurbita-pepo-l>
- LibreTexts. (2022). *Porcentaje de Error*. California. Obtenido de [https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Introductorias%2C_Conceptual_y_GOB/Qu%C3%ADmica_Introductorias_\(CK-12\)/03%3A_Mediciones/3.13%3A_Porcentaje_de_Error](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Introductorias%2C_Conceptual_y_GOB/Qu%C3%ADmica_Introductorias_(CK-12)/03%3A_Mediciones/3.13%3A_Porcentaje_de_Error)
- Osorio, N. W. (s. f.). *pH del suelo y disponibilidad de nutrientes*. 1(4).
- Ramírez, J. F., Fernández, Y., González, P. J., Salazar, X., Iglesias, J. M., & Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus*. *Pastos y Forrajes*, 38(4), 393-402.
- Plata, U. N. (2019). “*Porosidad Y Aireación Densidad Real Y Aparente*”. Obtenido de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod_resource/content/1/POROSIDAD%20Y%20AIREACION%2026-3-19.pdf
- Roberts, T. L. (s. f.). *El muestreo de suelos: los beneficios de un buen trabajo*. 42.
- Tencal. (2020). *Determinación de la estabilidad de los agregados del suelo*. Obtenido de https://tecnal.com.br/es/blog/308_determinacion_de_la_estabilidad_de_los_agregados_del_suelo#:~:text=Considerando%20los%20procesos%20naturales%20que,oscilaci%C3%B3n%20vertical%20en%20el%20agua.
- Thays. (26 de Junio de 2017). *Densidades Porosidad*. Obtenido de <http://densidadesporosidad.blogspot.com/2017/06/>
- Simón, M., Peralta, N., & Costa, J. L. (2013). *Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes*.