



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 3 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELOS 2023-2024”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agronomo.

Autor:

Calo Quisaguano Darwin Fabricio

Tutor:

Jácome Mogro Emerson Javier

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Calo Quisaguano Darwin Fabricio, con cédula de ciudadanía No. 1751146612, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 3 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELOS 2023-2024”**, siendo el Ingeniero Jácome Mogro Emerson Javier, PhD, 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



Darwin Fabricio Calo Quisaguano
C.C: 1751146612
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 **CALO QUISAGUANO DARWIN FABRICIO**, identificado con cédula de ciudadanía **1751146612** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL 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. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 3 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELOS 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. Emerson Javier Jácome Mogro, PhD.

Tema: **“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 3 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELOS 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, **EL 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 **EL 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 **EL 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 **EL 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 **EL 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.

Darwin Fabricio Calo Quisaguano
EL 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 FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 3 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELOS 2023-2024”, de Calo Quisaguano Darwin Fabricio, 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. Emerson Javier Jácome Mogro, PhD.

C.C: 050197470-3

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, el postulante: Calo Quisaguano Darwin Fabricio, con el título de Proyecto de Investigación: **“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 3 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELOS 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.

Latacunga, 20 de febrero del 2024



Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.
CC: 050188392-0
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Mg.
CC: 050164556-8
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Guido Euclides Yaulí Chicaiza, Mg.
CC: 050160440-9
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por guiarme siempre a lo largo de mi vida universitaria, por brindarme sabiduría, entendimiento e inteligencia en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. También, a mis padres por el apoyo incondicional durante esta etapa y como no mencionar a mis hermanos con sus palabras de aliento fueron pieza clave para cumplir con mi meta.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser la institución que me brindó nuevos conocimientos a lo largo de mi preparación, gracias a ello conocí amigos, compañeros y hermanos de otra sangre que aportaron hermosos recuerdos que me los llevo dentro de un baúl.

Darwin Calo

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico a mis padres Julio y Hortencia, a mis hermanos y demás familiares, por ser el pilar fundamental en mi vida profesional por apoyarme para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados que me costó mucho sacrificio durante estos 4 años, especialmente por sus sabios consejos, por estar a mi lado en los momentos difíciles y por el apoyo incondicional, a la vida misma por darme una nueva oportunidad para culminar una etapa y alcanzar un logro más.

Darwin Calo

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO DEL LOTE NUMERO 3 DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DE LABORATORIO DE SUELOS 2023-2024”

Autor:

Darwin Fabricio Calo Quisaguano

RESUMEN

La investigación se ejecutó en el Laboratorio de suelos de la carrera de Agronomía, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el objetivo de analizar las propiedades físicas y químicas del suelo en un lote de terreno número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache mediante la utilización de diferentes metodologías y técnicas básicas de laboratorio que fueron adaptadas, de la Universidad de Almería (España), mismas que fueron adaptadas según los materiales, insumos y equipos existentes en los laboratorios de la Universidad, se tomó 6 muestras de suelo en forma aleatoria y en zigzag, donde se determinó: la estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad, textura, pH, nutrientes, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica, para la comparación y determinación del porcentaje de error se envió una muestra de suelo al Instituto Nacional de Investiga Agropecuarias(INIAP), los resultados obtenidos de las propiedades físicas y químicas del suelo en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Campus Salache muestra una estructura de 1,17 mm (liguemente estable), densidad real de 2,58 g/cm³ (baja), densidad aparente 1,39 g/cm³(medio), porosidad de 46,25 % (bajo), un suelo de textura franco, pH de 7,91 (moderadamente alcalino), Na 200 ppm (alto), K 899,3 ppm (alto), Ca 3406,6 ppm (alto), NO₃ 400 ppm (alto), conductividad eléctrica 1178 dSm-1(alto), capacidad de intercambio catiónico 19,47 meq/100 g (medio) y materia orgánica de 3,8010% (alto), se concluye que por medio de los resultados del análisis de suelo enviados del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y los resultados obtenidos en las prácticas de análisis de laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache, se obtuvo resultados parecidos y fidedignos, por ende se propone una guía con 9 técnicas básicas de laboratorio para el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Palabras clave: Estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad, textura, pH, nutrientes, suelo, laboratorio, capacidad de intercambio catiónico, técnicas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TOPIC: "DETERMINATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL LOT OF THE NUMBER 3 OF THE UNIVERSITY TECHNICAL OF COTOPAXI, SALACHE CAMPUS USING BASIC SOIL LABORATORY TECHNIQUES 2023-2024".

Autor:
Darwin Fabricio Calo Quisaguano

ABSTRACT

The research was carried out in the Soil Laboratory of the Agronomy course of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Technical University of Cotopaxi, with the objective of analyzing the physical and chemical properties of the soil in a plot of land number 3 of the Technical University of Cotopaxi, Salache Campus, the basic techniques were adapted of the University of Almeria (Spain), which were adapted according to the materials, supplies and equipment available in the University laboratories, Six soil samples were taken to analyze the structure, real density, apparent density, porosity, texture, pH, nutrients, cation exchange capacity and organic matter. For comparison and determination of the percentage of error, a soil sample was sent to the National Institute of Agricultural Research (INIAP), Campus Salache shows a structure of 1.17 mm (slightly stable), real density of 2.58 g/cm³ (low), apparent density 1.39 g/cm³ (medium), porosity of 46,25 % (low), a loam textured soil, pH of 7.91 (moderately alkaline), Na 200 ppm (high), K 899.3 ppm (high), Ca 3406.6 ppm (high), NO₃ 400 ppm (high), electrical conductivity 1178 dSm⁻¹(high), cation exchange capacity 19.47 meq/100 g (medium) and organic matter of 8010% (high), It is concluded that by means of the results of the soil analysis sent by the National Institute of Agricultural Research (INIAP) and the results obtained in the laboratory analysis practices of the Technical University of Cotopaxi, Campus Salache, similar and reliable results were obtained. Therefore, a guide with 9 basic laboratory techniques is proposed for the analysis of the physical and chemical properties of the soil in the soil laboratory of the Technical University of Cotopaxi, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources.

KEYWORDS: Structure, Real density, Bulk density, Porosity, Texture, pH, Nutrients, Soil, Laboratory, Cation exchange capacity, Techniques.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	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
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INFORMACION GENERAL	1
2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Beneficiarios directos.....	3
3.2. Beneficiarios indirectos	3
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
5.2. Objetivos Específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACION A LO OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACION CIENTIFICA TECNICA.....	6
7.1. Suelo	6
7.2. Muestreo del suelo	7
7.3. Muestra simple.....	7
7.4. Muestra compuesta	7
7.5. Profundidad de muestreo	8
7.6. Tipos de recorrido en campo.....	8
7.7. Recorrido en zigzag	9
7.8. Propiedades físicas y químicas del suelo	9
7.8.1 Propiedades físicas del suelo	9
7.8.2 Estructura del suelo	10
7.8.3 Densidad del suelo.....	10
7.8.4 Densidad Real (Dr).....	10
7.8.5 Densidad aparente (Da)	10

7.8.6	Porosidad	11
7.8.7	Textura.....	11
7.9	Las propiedades químicas	11
7.9.1	pH	12
7.9.2	Nutrientes.....	12
7.9.3	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	12
7.9.4	Materia Orgánica	13
7.10	Porcentaje del Índice de Error y Efectividad	13
8.	PREGUNTA CIETIFICA	13
9.	METODOLOGIA	13
9.1.	Propiedades físicas del suelo	16
9.1.1.	Estructura del suelo	16
9.1.2.	Densidad Real (Dr).....	18
9.1.3.	Densidad Aparente (Da)	19
9.1.4.	Porosidad	21
9.1.5.	Textura.....	21
9.2.	Propiedades químicas.....	24
9.2.1.	pH	24
9.2.2.	Nutrientes.....	26
9.2.3.	Capacidad de intercambio catiónico.....	27
9.2.4.	Materia Orgánica	30
9.3.	Porcentaje del Índice de Error.....	31
10.	ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	32
10.1.	Propiedades físicas	32
10.1.1.	Estructura	32
10.1.2.	Densidad Real (Dr)	33
10.1.3.	Densidad Aparente (Da)	34
10.1.4.	Porosidad.....	34
10.1.5.	Textura	35
10.2.	Propiedades Químicas	36
10.2.1.	pH.....	36
10.2.2.	Nutrientes.....	37
10.2.3.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	38
10.2.4.	Materia Orgánica	38

10.3.	Porcentaje del Índice de Error y Eficiencia.....	39
10.3.1.	Textura	39
10.3.2.	pH.....	40
10.3.3.	Nutrientes.....	41
10.3.4.	Materia Orgánica	42
11.	CONCLUSIONES	43
12.	RECOMENDACIONES:	44
13.	BIBLIOGRAFIA	44
14.	ANAXESOS	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Actividades en relación a los objetivos.	5
Tabla 2.	Actividades en relación a los objetivos.	5
Tabla 3.	característica de la zona de estudio	14
Tabla 4.	Materiales, equipos y herramientas	15
Tabla 5.	Materiales, equipos y herramientas	16
Tabla 6.	Diámetro medio del tamiz (Xi).....	17
Tabla 7.	Clasificación del diámetro medio ponderado	17
Tabla 8.	Materiales y equipos.....	18
Tabla 9.	clasificación de la densidad real de los suelos.....	19
Tabla 10.	Materiales y equipos.....	19
Tabla 11.	Clasificación de la densidad aparente de los suelos	20
Tabla 12.	Clasificación según el porcentaje poroso	21
Tabla 13.	Materiales, equipos y reactivos	22
Tabla 14.	Clasificación del Diámetro de las Partículas	23
Tabla 15.	Materiales, equipos y reactivos	24
Tabla 16.	Interpretación del pH.....	25
Tabla 17.	Materiales, equipos y reactivos	26
Tabla 18.	Interpretación de la escala de los nutrientes y conductividad eléctrica.....	27
Tabla 19.	Materiales, equipos y reactivos	27
Tabla 20.	interpretación de la escala de la capacidad de intercambio catiónico.	29
Tabla 21.	Materiales, equipos y reactivos	30

Tabla 22. Porcentaje de materia orgánica del suelo (MO)	31
Tabla 23. Porcentaje de Eficiencia.	32
Tabla 24. Resultados de la Estructura	32
Tabla 25. Resultados de la Densidad Real (Dr).....	33
Tabla 26. Resultados de la Densidad Aparente (Da).....	34
Tabla 27. Resultados de la Porosidad.....	34
Tabla 28. textura de suelo interpretando resultados en el triángulo de textura	35
Tabla 29. Resultados del pH.....	36
Tabla 30. Resultados de la Materia Orgánica.....	37
Tabla 31. Resultados de la capacidad de intercambio catiónico.	38
Tabla 32. Resultados de la Materia Orgánica.....	38
Tabla 33. Resultados dela formula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia de la Textura	39
Tabla 34. Resultados de la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia del pH....	41
Tabla 35. Resultados de la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia de los Nutrientes.....	42
Tabla 36. Resultados de la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia de la Materia Orgánica	43

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Recorrido en campo de manera de zigzag.....	9
Figura 2. Zona de estudio	14
Figura 3. Curva granulométrica.....	23
Figura 4. Triangulo de textura del suelo.....	24

1. INFORMACION GENERAL

Título del proyecto:

“Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo del lote número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache mediante el uso de técnicas básicas de laboratorio de suelos 2023-2024”.

Fecha de inicio:

Abril 2023

Fecha de finalización:

Marzo 2024

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, Barrio Eloy Alfaro de la ciudad de Latacunga.

Facultad que auspicia:

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

Equipo de trabajo:

Responsable del proyecto: Calo Quisaguano Darwin Fabricio

PhD. Fernando del Moral Torres Docente Universidad de Almería España

(Convenio Interinstitucional Universidad de Almería España Universidad Técnica de Cotopaxi Ecuador)

Tutor: Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, PhD.

Lector 1: Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.

Lector 2: Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Mg.

Lector 3: Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.

Coordinador del Proyecto

Nombre: Calo Quisaguano Darwin Fabricio

Teléfono: 0984174455

Correo electrónico: darwin.calo6612@utc.edu.ec

Área de Conocimiento

Agricultura – Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción Agropecuaria.

Línea de investigación

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

Línea de vinculación

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

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Debido a la limitada disponibilidad de proyectos de investigación sobre técnicas para analizar las propiedades físicas y químicas de suelos en la Universidad Técnica de Cotopaxi, se propone una guía que incluye técnicas relevantes que permiten conocer las propiedades físicas y químicas del suelo.(Calderón-Medina et al., 2018)

En este sentido, es necesario analizar el impacto de las propiedades físicas y químicas sobre la calidad del suelo para lo cual se deben establecer indicadores.(Cantú et al., 2007)

Cada variable estudiada en este proyecto influye al correcto uso del suelo, por lo que conocer estas propiedades físicas y químicas del suelo nos permite comprender de qué manera y como afecta al desarrollo del cultivo y el adecuado manejo del suelo.

Con el trabajo de investigación se pretende poner en manos de estudiantes, profesores y personas interesadas en el tema de técnicas básicas de suelo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Agronómica, una guía de laboratorio de las propiedades físicas y químicas del suelo, que les permitirá conocer el estado actual del suelo e interpretarlo, cabe recalcar que todo suelo debido a su ubicación, tienen propiedades físicas y químicas diferentes.

El presente proyecto de investigación se enfoca en la implementación de proyectos a través de fondos internacionales para mejorar capacidades futuras investigaciones de análisis de suelo y de extensión agraria de la Universidad Técnica de Cotopaxi mediante la potenciación analítica de su laboratorio de suelo y aguas de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Ecuador) y la Universidad de Armenia (España).

Esta investigación se centra en las propiedades físicas y químicas del suelo del lote número 3, se realiza a través de técnicas básicas de laboratorio, por lo cual se elabora un documento sobre

técnicas básicas de laboratorio, si se replica la técnica de manera adecuada permite, entre otras cosas, conocer su pH, textura su estructura, densidad real, densidad aparente, materia orgánica, iones solubles y capacidad de intercambio catiónico.(Castillo-Valdez et al., 2021)

La investigación se realizó para brindar información fundamental y real, a su vez sirviendo como una base para futuras investigación, para estudiantes, docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi y agricultores en general.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Coordinadores de los proyectos agrícolas y agropecuarios del centro de investigación de la facultad CAREN, 369 estudiantes y 18 docentes de la carrera de agronomía a Su vez las carreras afines como Biotecnología, Agropecuaria, Ambiental de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.2 Beneficiarios indirectos

Los principales beneficiarios indirectos son pequeños y medianos agricultores de la provincia de Cotopaxi quienes mediante el desarrollo de la investigación podrán replicar técnicas para el análisis de suelos y proyectos agrícolas.

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

El mayor problema relacionado con el tema de investigación es que no existe un laboratorio de análisis de suelos en la provincia de Cotopaxi y los análisis de suelos se realizan principalmente en el laboratorio del INIAP, por los que el acceso no es fácil.

La Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un laboratorio de suelos específico que brinde facilidades sobre el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo, lo cual es muy importante porque es de gran interés para los estudiantes de la carrera e Ingeniería Agronómica y de gran importancia para la Universidad Técnica de Cotopaxi, con mi tema de tesis estoy tratando de dar una solución al problema la cual será de gran ayuda para los estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

La parte agrícola la primordial actividad económica de la zona, por la gran demanda que esta actividad tiene en la provincia de Cotopaxi el suelo conlleva variar los niveles de sus propiedades físicas y químicas, por ende, la importancia de conocer las diferentes propiedades físicas y químicas del suelo nos permite saber que daño o estrés puede causar al cultivo y así es posible conocer y realizar un manejo adecuado del suelo sin causar problemas mayores al suelo.(Pérez López, 2014)

El análisis del suelo es la solución a estos problemas y es una herramienta a favor sin embargo, uno de los problemas del análisis de suelos es que resulta difícil replicar los resultados de diferentes laboratorios, aunque se utilicen las mismas muestras y las mismas técnicas, los resultados son diferentes, por lo tanto, es de gran importancia establecer las técnicas y métodos, número de muestras y técnicas de análisis, para obtener resultados comparables entre varios laboratorios y análisis, además de, utilizar un porcentaje de índice de error para saber la efectividad de los resultados obtenidos mediante las técnicas. (García, 2012)

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo del lote número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache, mediante el uso de técnicas básicas de laboratorio de suelos 2023-2024.

5.2. Objetivos Específicos

- Establecer una propuesta de guía de técnicas básicas de laboratorio para analizar propiedades físicas y químicas del suelo.
- Analizar las propiedades físicas y químicas del suelo como pH, estructura, textura, densidad real, densidad aparente, porosidad, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico del lote número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACION A LO OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1.

Actividades en relación a los objetivos.

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACION
Establecer una propuesta de guía de técnicas básicas de laboratorio para analizar propiedades físicas y químicas del suelo.	Revisión bibliográfica para determinar: parámetros físicos y químicos, materiales y reactivos en la caracterización de propiedades físico-químicas del suelo.	Metodología de técnicas básicas de laboratorio para analizar propiedades físicas y químicas del suelo.	Compendio de técnicas de laboratorio impresa.
	Revisión de los materiales, reactivos y equipos existentes en los laboratorios de la Facultad de ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.	Listado de materiales y reactivos requeridos para desarrollo de técnicas de laboratorio para analizar las propiedades físicas y químicas del suelo.	Hoja de checklist.

Tabla 2. Actividades en relación a los objetivos.

OBJETIVO 2	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACION
Analizar las propiedades físicas y químicas del suelo como pH, estructura, textura, densidad real, densidad aparente,	Zonificación del terreno y elaboración de la ficha de información requerida para la toma de muestras de suelo.	Información detallada del lote con antecedentes de cultivo, manejo agronómico, grado de pendiente ubicación.	Mapa del terreno, ficha de levantamiento de información y muestra.

porosidad, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico del lote número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache.	Recolección de muestras de suelos para la caracterización.	Seis muestras de suelo tomadas en zig-zag del lote estudiado.	Fotografías, muestras y libreta de campo.
	Ejecución y análisis de los resultados de las técnicas básicas de laboratorio: pH, estructura, textura, densidad real, densidad aparente, porosidad, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico del lote número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache.	Datos cuantificables del lote de terreno en relación a los siguientes parámetros: pH, estructura, textura, densidad real, densidad aparente, porosidad, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico del lote número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache.	Tabla de interpretación de las propiedades del suelo. Cuadros estadísticos de los parámetros encontrados.
	Enviar al INIAP a realizar un análisis de suelo.	Validar los resultados obtenidos de las técnicas básicas de laboratorio realizadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi mediante los resultados del INIAP.	Interpretación del índice de error. Tabla de interpretación de los resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo física de forma física y digital.

7. FUNDAMENTACION CIENTIFICA TECNICA

7.1. Suelo

El suelo es un medio indispensable para el desarrollo del sector agrario, por tener el rol de fundamental para el desarrollo agrícola, porque el suelo según como este establecido, es donde las plantas tienen disponible nutrientes, aire y agua.(García, 2012)

La calidad del suelo es considerada una medida de la sostenibilidad del uso de la tierra y de las prácticas de manejo agrícola, dicha calidad puede determinarse a través del seguimiento de diferentes propiedades físicas y químicas.(Vallejo et al., 2018)

El suelo es uno de los principales recursos naturales, en el cual se sustentan los bosques y la producción de alimentos para una población que crece cada día

El suelo es uno de los principales recursos naturales, en el cual se sustentan los bosques y la producción de alimentos para una población que crece cada día. Contar con información actualizada sobre este recurso y su distribución facilita la planeación y clasificación de las actividades agropecuarias y de manejo de los bosques.(Sotelo Ruíz et al., 2019)

El contenido de arena y arcilla en la estructura del suelo, son factores que influyen en el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo; así como la temperatura y materia orgánica, el primero que regula los niveles de acumulación, propiciando la formación de la capa superficial del suelo.(Huamán-Carrión et al., 2021)

7.2. Muestreo del suelo

La variabilidad espacial del suelo es un factor importante para entender los cambios de las variables de respuesta en experimentos agrícolas. El muestreo de suelos se ejecuta con base en un patrón espacial, el cual puede ser aleatorio o sistemático.(Erazo-Mesa et al., 2021)

7.3. Muestra simple

Los métodos de muestreo influyen en la determinación de la significancia de los efectos de los sistemas de uso del suelo y de las profundidades, pues afectan los valores de las variables estudiadas, así como los efectos de interacción. (Nuñez-Peñaloza et al., 2022)

Es aquella muestra que se obtiene de una sola extracción, en terrenos homogéneos.

7.4. Muestra compuesta

Los métodos de muestreo influyen en la determinación de la significancia de los efectos de los sistemas de uso del suelo y de las profundidades, pues afectan los valores de las variables estudiadas, así como los efectos de interacción. (Nuñez-Peñaloza et al., 2022)

Es aquella muestra que se obtiene de varias extracciones, luego obtener 1 kg de suelo de conjunto de las mismas.

Equipo de muestreo

Equipo básico de muestreo:

- Balde limpio
- Bolsas plásticas
- Azadón
- Guantes
- Barreno

Indicaciones

- Usar bolsas plásticas nuevas y limpias, no de papel.
- No recolectar muestras en áreas recién fertilizadas.
- Hacer un croquis o mapa del terreno.
- Evite muestrear suelos muy mojados.

7.5. Profundidad de muestreo

Cuando se usa el muestreo compuesto, y la estabilidad de agregados para los dos tipos de muestreo. Esta última es la única variable con diferencias estadísticamente significativas para las profundidades de muestreo, cuyo valor medio mayor corresponde a la profundidad superficial. (Nuñez-Peñaloza et al., 2022)

Según, (Nuñez-Peñaloza et al., 2022), manifiesta que se establece las siguientes profundidades porque es la profundidad para explorar la fertilidad que está determinada por el tipo de cultivo, pero siempre aconseja que para un muestreo debe ser un rango máximo de 0 a 10 cm.

Datos

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

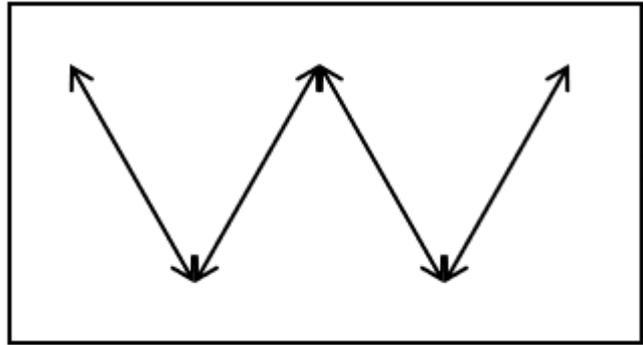
7.6. Tipos de recorrido en campo

Debe entenderse que no todos los métodos de recorridos en campo pueden usarse para el muestreo y acuerdo a las características que determine el muestreo estos métodos pueden combinar entre sí para mejorar la eficiencia del muestreo y existen de los principales métodos de recorridos en campo son de manera de X y zigzag, para obtener muestras en campo. (Fundora, 2017)

7.7. Recorrido en zigzag

La característica más importante que se desarrolla alternativamente en un lado y en el otro lado del espacio seleccionado, es ampliamente utilizado en para el muestreo de análisis de suelos que sean cultivados. (Vega-Blancas et al., 2022)

Figura. 1. Recorrido en campo de manera de zigzag.



Fuente: (Vega-Blancas et al., 2022)

7.8. Propiedades físicas y químicas del suelo

El suelo es un recurso natural que sustenta la vida en la tierra, es el resultado de la interacción de diversos factores ambientales como el clima, los organismos, el material de origen, la topografía y el tiempo que influyen en su formación y desarrollo, el cual tiene propiedades físicas y química que determinan su calidad y productividad.

7.8.1 Propiedades físicas del suelo

Propiedades físicas pueden usarse como indicadores del estado actual, la calidad del suelo, muestra como el suelo recibe, almacena y entrega agua y aire, pueden ocurrir restricciones en el crecimiento de plantas y raíces. Estructura, densidad aparente, densidad real, estabilidad de los agregados, infiltración o movimiento de agua en el perfil y la secuencia de las partículas y los poros, compactación, profundidad del suelo el área de superficie, la capacidad de almacenamiento de agua son las características físicas del suelo.(Jaurixje et al., 2013)

las propiedades físicas, tales como: estructura, porosidad, infiltración, retención de agua, entre otras; que son importantes para el manejo sustentable del recurso e identificación de indicadores físicos del suelo.(Jaurixje et al., 2013)

7.8.2 Estructura del suelo

Es la disposición geométrica y topológica de los poros, formados entre los agregados del suelo, retención y transporte de agua y minerales, erosión del suelo. (García, 2012)

La capacidad de los agregados del suelo para dispersarse en partículas de diversos tamaños y formas, la estructura tiene el mayor impacto en la función del suelo por tener una relación entre el crecimiento de las plantas y la estructura del suelo, especialmente de sus raíces. Ya que dependiendo como este estructurado el suelo será el desarrollo de las raíces. (Torres-Guerrero et al., 2013)

Para poder calcular la estructura se puede ocupar la técnica de tamizado en seco, que se basa en utilizar escalas de tamices de mayor a menor diámetro del tamiz. (Torres-Guerrero et al., 2013)

7.8.3 Densidad del suelo

Determinando la densidad de las partículas se puede obtener la porosidad total del suelo, la densidad del suelo es el peso por volumen del suelo. (García, 2012)

7.8.4 Densidad Real (D_r)

La densidad real se expresa en g/cm^3 siendo esta su unidad de medida, corresponde a la densidad de las partículas sólidas del suelo sin tener en cuenta el espacio poroso, se calcula mediante la técnica del picnómetro que su fundamento se entiende como la masa de un suelo y el volumen real ocupado por las partículas. (Medina-Méndez et al., 2006)

Si aumenta la materia orgánica, baja la densidad real del suelo. Ya que, la materia orgánica es pesada y la cantidad de este elemento en el suelo tiene un impacto significativo en la densidad de las partículas. (Medina-Méndez et al., 2006)

7.8.5 Densidad aparente (D_a)

La densidad aparente se expresa en g/cm^3 siendo esta su unidad de medida, se calcula mediante la técnica de los cilindros indeformables que corresponde peso seco por el volumen del suelo, incluyendo el espacio poroso. (Medina-Méndez et al., 2006)

La densidad aparente está relacionada con la compactación del suelo o firmeza del suelo, afecta la disponibilidad de agua, el desarrollo radicular, infiltración de agua, la porosidad, la disponibilidad de nutrientes. (Perea et al., 2021)

7.8.6 Porosidad

La porosidad en el suelo promueve la retención y filtración del agua, además de estar ocupados de aire, la capacidad de mejorar o retardar el desarrollo radículas de las plantas, cuando la porosidad no es adecuada puede presentar problemas de compactación o de tener problemas en la retención del agua. (Cueto et al., 2008)

La porosidad es la relación entre los espacios vacíos y el volumen total del suelo, espacios porosos pueden estar ocupados con aire, agua o ambas, tiene la capacidad para contener y circular agua, además de, promover o retardar el crecimiento del sistema radicular. Se puede calcular a partir de los valores de la Densidad Real y la Densidad aparente (D_r y D_a). (Cueto et al., 2008)

7.8.7 Textura

La textura está representada por el porcentaje de peso de las partículas inorgánicas como arena, limo y arcilla del suelo, menores a 2 mm de diámetro que están presentes en los horizontes del suelo, además de relacionarse con la velocidad de infiltración del agua. (Forero-Cabrera et al., 2016)

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

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

7.9 Las propiedades químicas

Algunos indicadores incluyen disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total, pH, conductividad eléctrica, capacidad de absorción de fosfato, capacidad de absorción de fosfato, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineral. (Jaurixje et al., 2013)

las propiedades químicas del suelo, que a mediano y largo plazo afectan principalmente la acidez, suma de bases (SB), y concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg). (Hirzel et al., 2016)

7.9.1 pH

El potencial de hidrogeno (pH) en el suelo, representa si es acido o alcalino, el rango de oscilación de la medición del pH es de 0 a 14, en donde 7, es un valor neutro, los valores superiores a 7 son básicos o alcalinos y los valores inferiores a 7 son ácidos. (Millán Marrero et al., 2018)

El pH influye directamente en la absorción o la movilidad de los nutrientes del suelo asía la planta, porque representa los rangos donde los diferentes nutrientes son fácilmente asimilables. (Millán Marrero et al., 2018)

El pH se puede calcular utilizando un pH-metro digital, agua destilada y soluciones tampones de 7,02 y 4, sometiendo la muestra de suelo en extracto acuoso, muestra mediciones representativas en cuanto al potencial de hidrógeno (pH). (Millán Marrero et al., 2018)

7.9.2 Nutrientes

Los nutrientes son sustancias químicas disueltas en la humedad del suelo, esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se clasifican en macronutrientes (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe Mo y Zn). La conductividad eléctrica es la capacidad del suelo para transmitir corriente eléctrica en relación al porcentaje de sales disueltas en la solución de suelo. (Hernández Díaz et al., 2014)

La técnica de la extracción de pasta saturada (SPE) consistes en llevar la muestra de suelo hasta la saturación con agua destilada, esto nos indicara la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo para la planta y con ayuda del equipo del iono-metro (kit prime plus) se monitorea la solución de la pasta saturada, para saber los nutrientes (K, Ca, Na, No₃), pH y conductividad eléctrica, disponibles en el suelo. (Figueroa y Neaman, 2023)

7.9.3 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico del suelo se trata de la capacidad de cambiar cationes como Ca²⁺, K⁺, Na⁺, H⁺, Mg⁺, Al³⁺,es la potencialidad del suelo de mantener y liberar nutrientes esenciales para las plantas, esto está relacionado a los coloides que son partículas de carga negativa los cuales provocan que los cationes se han atraídos por la superficie dela partícula, su unidad de medida es miliequivalentes por 100 gramos (meq/100g) O centimoles de carga positiva por kilogramo (cmol (+)/kg). La mayor influencia de la capacidad de intercambio catiónico es la arcilla del suelo y la materia orgánica.(Cruz-Macías et al., 2020)

Se puede calcular mediante el método de acetato de amonio que sirve para conocer las cantidades de cargas negativas.(Cruz-Macías et al., 2020)

7.9.4 Materia Orgánica

La materia orgánica (MO) es un indicador de la calidad del suelo, ya que incide directamente sobre las propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno, entender el porcentaje de materia orgánica presente en el suelo es importante, porque es un recurso que mejora la productividad del suelo. Además de, poder elegir opciones adecuadas para mantener y aumentar los recursos propios del suelo.(Faita et al., 2015)

La técnica para calcular el porcentaje de materia orgánica consiste en exponer por 2 horas una muestra de suelo a 430°C dentro de la mufla para así nosotros, calcular por pérdida de peso de carbono orgánico combustionado, además de ser una técnica amigable con el ambiente al no ocupar reactivos químicos. (Barrezueta-Unda et al., 2020)

7.10 Porcentaje del Índice de Error y Efectividad

De una manera correcta el error es la diferencia que existe entre la medida y el valor referencial, por ende, el método a establecer es el Índice de Error y Eficiencia que sirve para validar los resultados del valor experimental mediante la Eficiencia al ser relacionada a una magnitud estándar. (Arévalo et al., 2022)

En el valor experimental inevitablemente existen imprecisiones o errores en los resultados, a casusa del mal funcionamiento del dispositivo de medición y restricciones a los experimentadores, al ser estos factores descriptivos se empleó el método de Índice de Error y Eficiencia para validar los resultados del valor experimental. (Arévalo et al., 2022)

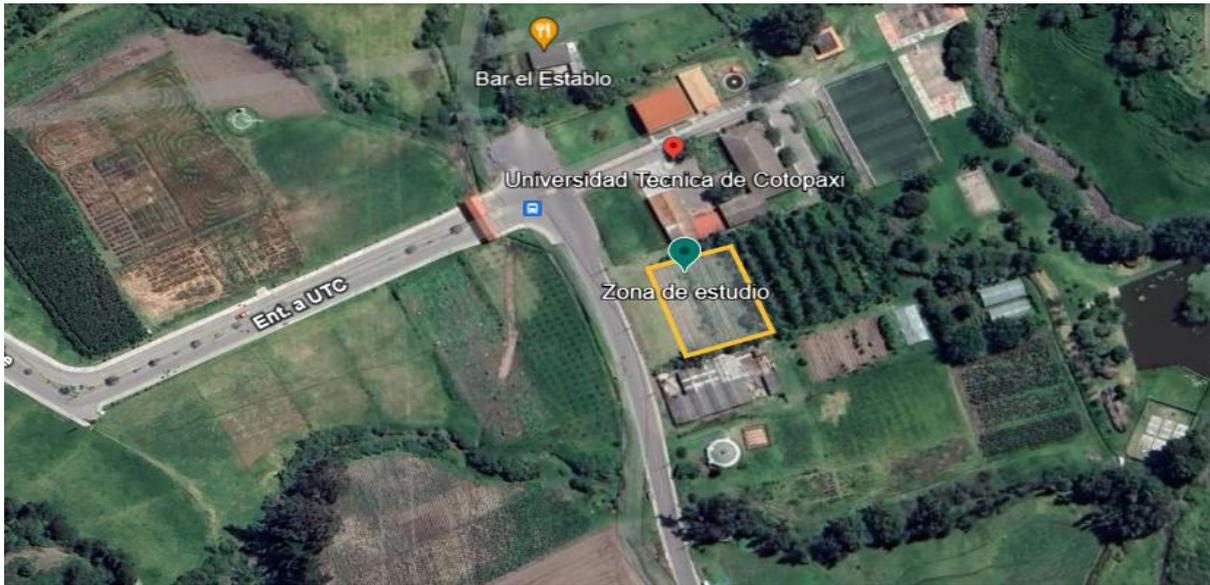
8. PREGUNTA CIETIFICA

¿Se pueden analizar las propiedades físicas y químicas de un suelo, mediante la realización de técnicas básicas en el laboratorio?

9. METODOLOGIA

Ubicación de la zona de estudio

Para la toma de muestra de suelo el lugar asignado se ubica en la facultad de Ciencia Agropecuarias y Recursos Naturales (campus Salache) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, perteneciente al Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi.

Figura 2. Zona de estudio

Fuente: Google Earth, (2024)

Para la toma de muestra de suelo el lugar asignado se ubica en la facultad de Ciencia Agropecuarias y Recursos Naturales (campus Salache) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, perteneciente al Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi.

Tabla 3.

Característica de la zona de estudio

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

Fuente: Google Earth

a) Fase bibliográfica

Mediante de una revisión de artículos científicos, libros, tesis y software estadísticos (tablas de Microsoft Excel), se pudo determinar la utilización de nueve técnicas básicas para poder analizar las propiedades físicas y químicas en el laboratorio como estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad, textura, pH, nutrientes, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica. Que permite a la investigación y recopilación de datos científicos que

confirman la justificación de la bibliografía, obteniendo valores precisos y definidos bibliográficamente. (**Anexo Hoja de checklist y guía**)

b) Fase de campo

La respectiva investigación es un estudio de campo debido a que los datos obtenidos se obtuvieron a través de un recorrido en campo, para recolectar la muestra de suelo en el lote de terreno número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache con el propósito de procesar las muestras mediante técnicas básicas de laboratorio, con el propósito de analizar las propiedades físicas y químicas del suelo

El método a utilizar en la investigación como primer aspecto el recorrido en zigzag porque es ampliamente utilizado para el muestreo de análisis de suelos, procedemos a seleccionar 6 puntos de muestreo distribuidos en zigzag, el limpiar la superficie del suelo de restos de la cubierta vegetal.

Escavar con una pala a una profundidad de 10 cm porque representa un valor mayor a representar a la profundidad superficial del suelo de acuerdo al cultivo

Recolectar 2 kg de cada una de las 6 muestras, donde se dividirá 1 kg para realizar un muestreo simple y el otro 1 kg para el muestreo compuesto.

El muestreo simple se basa que 1 kilogramo de cada una de las 6 muestras para realizar las técnicas básicas de laboratorio y para el muestreo compuesto se basa que 1 kilogramos de cada una de las 6 muestras se mezclan para obtener una muestra homogénea de 1 kilogramo la cual fue enviado respectivamente para analizar en los laboratorios del INIAP.

Cada 1 kg de las 6 muestras para realizar las técnicas básicas de laboratorio y el 1 kg para analizar en los laboratorios del INIAP, fueron enfundadas, se procedió a sellar y etiquetar respectivamente. Las 6 muestras que no fueron mezcladas, fueron transportadas al laboratorio de suelos del campus Salache para dejar las muestras de suelo afuera de las fundas sobre un papel para que estén a temperatura ambiente durante 24 horas para mejor aireación.

Tabla 4.

Materiales, equipos y herramientas

Materiales	Herramienta
Etiqueta de muestreo	Balde limpio
Bolsas prácticas transparentes y de color negro,	Cámara fotográfica
Marcadores	Balanza
Regla	Pala
Guantes	

c) Fase de laboratorio

En el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la facultad de Ciencia Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN) se realizó las técnicas básicas de análisis de suelo, tomando en cuenta el compendio de técnicas básicas obteniendo datos reales para poder analizar las propiedades físicas y químicas del suelo, para que se cumpliera en el orden planeado y no alterar los resultados, se realizó una revisión de: equipos, materiales y reactivos

9.1. Propiedades físicas del suelo

9.1.1. Estructura del suelo

Para poder calcular la textura se puede ocupar la técnica de tamizado en seco, que se basa en utilizar escalas de tamices de mayor a menor que consta de los siguientes materiales y pasos. (Torres-Guerrero et al., 2013)

Tabla 5.

Materiales, equipos y herramientas

MATERIALES	EQUIPOS
Juego de tamiz	Balanza
Brocha	Tamizador
Papel aluminio	

Procedimiento

- Ordenar los diferentes tamices de mayor a menor con un retenedor al final, colocar la muestra de suelo en el primer tamiz.
- Agitar los tamices, se puede realizar manualmente o colocar los tamices en la tamizadora durante 5 minutos.
- Realizar unos pequeños platos con aluminio, y enumerar de acuerdo a cada una de las 6 muestra de suelo, luego el porcentaje de suelo retenido en cada tamiz vaciar en los platos para así obtener el peso de cada una de las 6 muestras. (**Mssi %**)

Fórmula para calcular la estructura

$$\text{DMP} = \frac{\text{Mssi \%} \times \text{Xi}}{100}$$

Donde:

Mssi %: Porcentaje de los agregados retenidos en cada tamiz

Xi: Diámetro medio en cada tamiz

Interpretación

Tabla 6.

Diámetro medio del tamiz (Xi)

Tamiz	Diámetro medio
2 mm	2,5
1 mm	1,425
0,500 mm	0,675
0,250 mm	0,375

Fuente: (Torres-Guerrero et al., 2013)

Tabla 7.

Clasificación del diámetro medio ponderado

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

Fuente: (Torres-Guerrero et al., 2013)

9.1.2. Densidad Real (*Dr*)

Para realizar la técnica del picnómetro que consiste en interpretar el volumen real ocupado por las partículas del suelo, que consta de los siguientes materiales y pasos. (Medina-Méndez et al., 2006)

Tabla 8.

Materiales y equipos

Materiales	
Tamiz de 2 mm (#10)	Agua destilada
Embudo de cristal	Balón aforado de 100 ml
Pipeta graduada de 10 ml	Probetas aforadas de 100 ml

Procedimiento

- Para poder calcular la densidad Repara la preparación de la muestra dejar reposar la muestra de suelo durante 24 horas, proceder a tamizar la muestra de suelo en el tamiz #10 (2mm) luego pesar en la balanza analítica 20 gramos (**P1**) del suelo tamizado a 2mm.
- En el balón aforado de 100 ml con ayuda de la pipeta agregar agua destilada hasta el aforamiento anotar el peso del balón más agua destilada (**P2**), el agua destilada que se encuentra en el balón aforado, verte 60 ml a la probeta aforada de 100ml, con ayuda del embudo agregar el suelo en el balón aforado de 100 ml y por ultimo verter agua destilada con ayuda de la pipeta hasta el aforamiento y anotar el peso del balón, más agua destilada y más el suelo(**P3**).
- Para poder calcular la **Densidad Real (Dr)** primero se calcula el volumen.

Fórmula para calcular el volumen

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

Donde

P1: Peso del suelo.

P2: Peso del balón más agua destilada.

P3: Peso del balón, más agua destilada y más el peso del suelo

Fórmula para calcular la densidad real (**Dr**)

Al obtener el volumen procedemos a remplazar los datos a la formula.

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

Donde

M: Masa P1 (g)

V: Volumen (cm³)

Interpretación

Tabla 9.

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: (Medina-Méndez et al., 2006)

9.1.3. Densidad Aparente (Da)

La densidad aparente se expresa en g/cm³ siendo esta su unidad de medida, se calcula mediante la técnica de los cilindros indeformables que corresponde peso seco por el volumen del suelo, incluyendo el espacio poroso, que consta de los siguientes materiales, equipos y pasos. (Medina-Méndez et al., 2006)

Tabla 10.

Materiales y equipos

Materiales	Equipos
Recipiente metálico	Estufa
Probetas aforadas de 50 ml	Balanza analítica
	Desecador de vidrio

Procedimiento

- Tomar suelo la muestra, 2 o 3 días después de una precipitación o un riego intenso y reposar la muestra 24 horas antes del procedimiento.
- Colocar el suelo en el recipiente metálico y secar la muestra en la estufa a 105 °C durante 1 hora, transcurrido ese tiempo colocar la muestra en el desecador hasta enfriar la muestra, por

ultimo añadir el suelo en la probeta de 50 ml aforada de 50ml hasta la mitad (hasta los 25 ml) y pesar (**M**).

- Medir el diámetro de la probeta de 50 ml (**d**).
- Medir la altura de la probeta de 50 ml (**h**).
- Para poder calcular la **Densidad Aparente (Da)** primero se calcula el volumen de la muestra que ocupa el cilindro.

Fórmula para calcular el volumen de la muestra que ocupa el cilindro

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

Donde

$\pi = 3,1416$

d: Diámetro (cm)

h: altura (cm)

Fórmula para calcular la densidad aparente

Al obtener el volumen de la muestra que ocupa el cilindro procedemos a remplazar los datos a la formula.

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

Donde

M: Masa (gr)

V: volumen (cm³)

Interpretación

Tabla 11.

Clasificación de la densidad aparente de los suelos

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

Fuente: (Perea et al., 2021)

9.1.4. Porosidad

La porosidad es la relación entre los espacios vacíos y el volumen total del suelo, espacios porosos pueden estar ocupados con aire, agua o ambas, tiene la capacidad para contener y circular agua, además de, promover o retardar el crecimiento del sistema radicular. Se puede calcular a partir de los valores de la Densidad real y la Densidad aparente (D_r y D_a). (Cueto et al., 2008)

Fórmula para calcular la porosidad

$$P_o = \frac{D_r - D_a}{D_r} \times 100\%$$

Donde

D_r : Densidad real (g/cm³)

D_a : Densidad aparente (g/cm³)

Interpretación

Tabla 12.

Clasificación según el porcentaje poroso

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

Fuente: (Cueto et al., 2008)

9.1.5. Textura

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

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

Tabla 13.*Materiales, equipos y reactivos*

Materiales	Equipos	Reactivos
Agua destilada	Balanza	Hexametafosfato
Papel film		
Cronometro		
2 probetas aforadas de 1000 ml		
Hidrómetro H152		
Termómetro		
Agitador de vidrio		
Vaso de precipitación		

Procedimiento

- La cantidad requerida para suelos arenosos es de 75 g, para suelos limos y arcillas es de 50 g y reposar la muestra 24 horas antes del procedimiento.
- Las muestras de estos suelos deben ser conservadas con su contenido de humedad natural.
- En el vaso precipitado de 1000 ml colocar 10 g Hexametafosfato de sodio y en una probeta aforada de 1000 ml colocar 125 ml de agua destilada.
- Añadir los 125 ml de agua destilada en el vaso precipitado de los 10 g Hexametafosfato de sodio, con ayuda de un agitador de vidrio disolver bien el Hexametafosfato en la solución.
- Una vez lista la solución añadir el suelo y con un agitador hacer un mezclado uniforme por 10 minutos, dejar reposar esta solución por un periodo de 24 horas (Para que el Hexametafosfato de sodio separe o disperse todas las partículas).
- En una probeta de 1000 ml colocar 750 ml de agua destilada y 30 g Hexametafosfato de sodio con ayuda de un agitador de vidrio, disolver bien el Hexametafosfato en la solución. En esta solución reposara el hidrómetro hasta el momento de su uso.
- En la segunda probeta aforada de 1000 ml colocar 125 ml de agua destilada y 10 g Hexametafosfato de sodio con ayuda de un agitador de vidrio, disolver bien el Hexametafosfato en la solución, esta solución preparada añadirla en la solución reposada la cual se encuentra en el vaso precipitado con ayuda de un agitador de vidrio realizar un mezclado por 1 minuto.
- La solución obtenida verter en la probeta de 1000 ml, ya que quedara resto de suelo en el vaso precipitado usar agua destilada para hacer un enjuague total y verter en la probeta, realizar el enjuague 3 veces hasta que la probeta llegue a línea de aforo de los 1000 ml.
- Utilizar papel film para sellar la boca de la probeta para realizar la respectiva agitación.

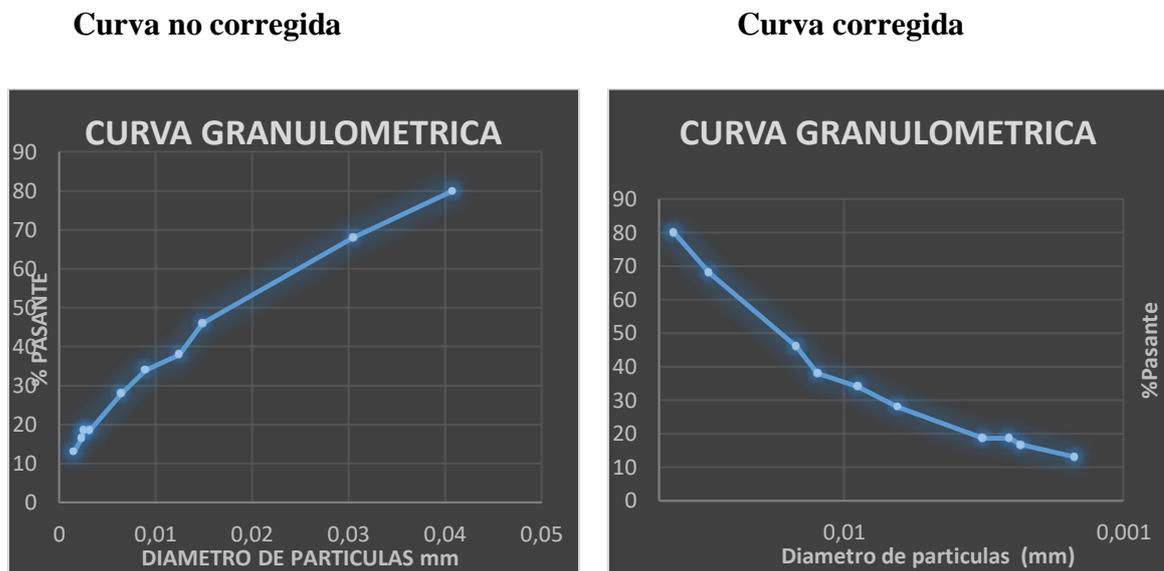
- El proceso de agitación se realizará de forma horizontal por 1 minuto, transcurrido este tiempo de agitación se colocará la probeta verticalmente.
- Tomar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución preparada con suelo.
- Desde este instante con ayuda de un cronometro tomar lectura transcurrido 1,2,30 y 60 minutos, a su vez con un termómetro tomar la temperatura transcurrido 1,2,30 y 60 minutos.
- Sacar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución de agua destilada con Hexametafosfato de sodio durante 30 minutos para limpiar partículas.
- Transcurrido los 30 minutos tomar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución con suelo, con un cronometro tomar lectura transcurrido 120, 180, 240, 300, 360, 480 minutos y a su vez con un termómetro tomar la temperatura.

Corrección de las lecturas del hidrómetro

(Anexos tablas de Microsoft Excel)

Curva granulométrica corregida para una interpretación correcta

Figura 3. Curva granulométrica



Interpretación

Tabla 14.

Clasificación del Diámetro de las Partículas

Clasificación textural	Diámetro de las Partículas
Arena	0,005 – 2
Limo	0,002 – 0,005
Arcillas	< 0,002

Fuente: (González y Coronado) 2007

Procedimiento

Calibración del pH-metro

Para la calibración del pHmetro es necesario conocer el tipo de pHmetro que va a ser utilizado, para dicha actividad.

- Mantener el pH-metro funcionando por lo menos unos 30 minutos.
- Proceder a limpiar los electrodos con agua destilada.
- Introducir en las soluciones tampones de pH 7,02 y 4 hasta que de un rango constante.

Procedimiento

- Pesar 10 g de suelo seco al aire, después tamizar, (tamiz de 2mm).
- vez tamizado introducir la muestra en un vaso de precipitación de 50 ml.
- Después añadir 25 ml de agua destilada.
- Una vez añadida el agua agitar la suspensión durante 5 minutos y deje reposar durante 30 minutos para de esta manera lograr el equilibrio iónico.
- Antes y después de cada una de las lecturas se debe lavar y secar el electrodo con la ayuda del agua destilada y papel de filtro.
- Con el pH-metro ya calibrado, una vez ya transcurridos los 30 minutos, introducir el electrodo, accionar el pH-metro y el rango que sea constante será el valor de la solución

Interpretación

Tabla 16.

Interpretación del pH

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

Fuente: (Millán Marrero et al., 2018)

9.2.2. Nutrientes

La técnica de la extracción de pasta saturada (SPE) consiste en llevar la muestra de suelo hasta la saturación con agua destilada, esto nos indicara la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo para la planta y con ayuda del equipo del iono-metro (kit prime plus) se monitorea la solución de la pasta saturada, para saber los nutrientes (K, Ca, Na, No₃) y conductividad eléctrica, disponibles en el suelo, que consta de los siguientes materiales, equipos y pasos. (Figueroa y Neaman) 2023

Tabla 17.

Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos
Tamiz #60	Ionometros
Agua destilada	Balanza analítica
Botellas de plástico	Embudo buchner
Papel film	Espátula
Papel filtro	Capsula de porcelana
	Kitasato o bomba al vacio

Procedimiento

- Recoger la muestra del suelo de 300g en campo mantener en reposo la muestra 24 horas antes del procedimiento a continuación, tamizar la muestra en el número de tamiz 60.
- Pesar la muestra de suelo 200 gr de muestra de suelo.
- Elaborar una muestra de lodo con agua destilada, mezclar con la espátula concienzudamente, la mezcla debe dar como resultado una pasta brillante, debe deslizarse ligeramente en las paredes de la capsula de porcelana (o a su vez realizar un corte transversal en la mezcla si la mezcla se cierra y la línea sigue diremos que es válida).
- Proceder a a tapar la mezcla con fil transparente y dejar en reposo de dos horas.
- Comprobar el estado de saturación (cantidad máxima de agua que puede retener el suelo) si existe agua en la parte superior este saturado caso contrario necita q se hallada más agua (anotar el agua que se añada) en caso de necesitar más agua dejar reposas 24 horas la pasta previamente tapada.
- Colocar un papel filtro de la medida del embudo, este papel evitara perdidas en el proceso de extracción a continuación, verter la pasta previamente reposada en el embudo buchner y colocar en la bomba de vacío.
- Extraer la muestra de la botella de vidrio en una de plástico.

- Proceder a colocar 3 gotas en los Ionómetros para poder determinar cada uno de los parámetros a medir.

Interpretación

Tabla 18.

Interpretación de la escala de los nutrientes y conductividad eléctrica

Nutrientes	Niveles en ppm		
	Bajo	Medio	Alto
Potasio(k)	<76	76-150	>150
Calcio (Ca)	< 41	41-140	>140
Sodio (Na)	<16	80-400	>400
Conductividad Eléctrica	<500 dSm-1	500-1000 dSm-1	>1000 dSm-1

Fuente: (Figueroa y Neaman) 2023

9.2.3. Capacidad de intercambio catiónico

La técnica de la extracción de pasta saturada (SPE) consiste en llevar la muestra de suelo hasta la saturación con agua destilada, esto nos indicara la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo para la planta y con ayuda del equipo del iono-metro (kit prime plus) se monitorea la solución de la pasta saturada, para saber los nutrientes (K, Ca, Na, No₃), pH y conductividad eléctrica, disponibles en el suelo, que consta de los siguientes materiales, equipos y pasos. (Figueroa y Neaman) 2023

Tabla 19.

Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
Erlenmeyer con yabuladora lateral 250mL	Titulador Metrohm Dosimat 715	Formolal 37
Frasco de vidrio de 100 Ml	Balanza de Precisión de 0.1 mg	Acetato de NH ₄ .
agua destilada		
Capsula pesa-sustancia para pesos hasta de 20 g		
Probetas aforadas de 50 ml		
Embudo plástico de 6.5 cm de diámetro		

Soporte universal con pinza para bureta		
Tapón de caucho		
papel film		
Muestra de suelo		
Pipeta aforada de 50 ml		
Balones aforados de 1L y 100MI		
Botellón ámbar		
Frasco lavador		
Bureta		

Procedimiento

Procedimiento para sacar la humedad del suelo

- Pesar 10 gr de suelo y anotar su peso inicial.
- Meter la muestra de suelo a la estufa por 30 minutos.
- Sacar las muestras de suelo de la estufa.
- Volver a pesar las muestras de suelo y anotar su peso final.
- Aplicar la fórmula de humedad para obtener el valor final de humedad del suelo.

Fórmula para calcular la humedad del suelo

$$Pw = \frac{Mshum - Mssec}{Mssec} \times 100$$

Donde

Mshum: Peso inicial de la muestra de suelo.

Mssec: peso final de la muestra de suelo.

Pw: Valor de humedad de suelo.

Procedimiento para calcular la capacidad de intercambio catiónico

- Pesar 10 gr de suelo seco y tamizado con tamiz # 10.
- Colocar en un vaso de precipitación la muestra de suelo.
- Agregar 25 ml de acetato de NH₄ (pesar 100 gr de NH₄ y disolver en 100 ml de H₂O destilada).
- Proceder agitar por 15 minutos.

- Filtrar el suelo.
- Utilizar el líquido filtrado para su titulación en blanco.
- Proceder a pasar el embudo a un Erlenmeyer y lavar con 25 ml de agua destilada en porciones para extraer el exceso de acetato de NH₄ en el suelo y luego desechar el filtrado.
- Pasar el embudo a otro Erlenmeyer y agregar 25 ml de la solución NaCl al 10% en porciones
- Desechar el suelo y usar el líquido filtrado.
- Agregar 10 ml de formol al 37% y agitar manualmente por 10 segundos.
- Agregar 4-5 gotas de fenolftaleína y agitar.
- Titular con solución de NaOH 0,5 N.
- Anotar el volumen consumido de NaOH 0,5 N.

Fórmula para calcular la capacidad de intercambio catiónico

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

Donde

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

Tabla 20.

Interpretación de la escala de la capacidad de intercambio catiónico.

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

Fuente: (Cruz-Macías et al., 2020)

9.2.4. *Materia Orgánica*

La técnica para calcular el porcentaje de materia orgánica consiste en exponer por 2 horas una muestra de suelo a 430°C dentro de la mufla para así nosotros, calcular por pérdida de peso de carbono orgánico combustionado, además de ser una técnica amigable con el ambiente al no ocupar reactivos químicos, que consta de los siguientes materiales, equipos y pasos.(Barrezueta-Unda et al., 2020)

Tabla 21.

Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos
Tamiz #10	Desecador de vidrio
Cuchara	Balanza analítica
Crisoles de porcelana de 50 ml	Quemador o mufla
Guantes térmicos	Estufa
Pinzas	

Procedimiento

Procedimiento para sacar la humedad de los crisoles

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

Fórmula para sacar el peso del crisol sin humedad más el peso del suelo seco

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

Donde

Peso 105 °C (gr): El peso del crisol sin humedad más el peso del suelo seco.

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

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

Interpretación

Tabla 22.

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: (Pina y Armas) 2015

9.3. Porcentaje del Índice de Error

De una manera correcta el error es la diferencia que existe entre la medida y el valor referencial, por ende, el método a establecer es el Índice de Error y Eficiencia que sirve para cuantificar el valor experimental mediante la Eficiencia para así validar los resultados de las técnicas básicas de laboratorio realizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, en la provincia de Cotopaxi comparándolas a los resultados de análisis de suelo enviados al INIAP en la provincia de Pichincha .

Fórmula para calcular el % de Índice de Error

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

Donde

Valor experimental: Laboratorio de la UTC

Valor exacto: Laboratorio del INIAP

Fórmula para calcular la Eficiencia

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

Donde

Valor experimental: Laboratorio de la UTC

Valor exacto: Laboratorio del INIAP

Interpretación

Tabla 23.

Porcentaje de Eficiencia.

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

Fuente:(Arévalo et al., 2022)

10. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

10.1. Propiedades físicas

10.1.1. Estructura

Tabla 24.

Resultados de la Estructura

Numero de muestra	Diámetro Medio Ponderado (mm)
1	1,18
2	1,17
3	1,16
4	1,17
5	1,17
6	1,18
Promedio	1,17

En la tabla 24 se puede observar que, mediante la técnica de tamizado en seco, se obtuvo un resultado de Estructura de 1,17 mm según la clasificación del diámetro medio ponderado de la Estabilidad Estructural (ver tabla 7), tenemos como resultado que el suelo tiene una Estabilidad Estructural de ligeramente estable, porque se encuentra en el rango de 0,5 a 1,5 mm.

Si la Estabilidad Estructural del suelo es de 0,5 mm hasta 1,5 (ver tabla 7), que significa que está en una clasificación de que es suelo es Ligeramente estable esto representa que el suelo tiene una porosidad buena, permitiendo una mejor infiltración y no permite la escorrentía del agua superficial.(Torres-Guerrero et al., 2013)

10.1.2. Densidad Real (Dr)

Tabla 25.

Resultados de la Densidad Real (Dr)

Numero de muestra	Densidad Real (Dr) gr/cm ³
1	2,62
2	2,56
3	2,54
4	2,63
5	2,65
6	2,47
Promedio	2,58

En la tabla 25 se puede observar que mediante la técnica del picnómetro tenemos un resultado de Densidad Real (Dr) de 2,58 gr/cm³, según la clasificación de la Densidad Real (Dr) de los suelos (ver tabla 9), tenemos como resultado que el suelo tiene una Densidad Real (Dr) Bajo, porque se encuentra en el rango de 2,4 -2,60 gr/cm³.

Si la Densidad Real (Dr) del suelo es de 2,4 gr/cm³ hasta 2,60 gr/cm³ (ver tabla 9), que significa que está en una clasificación Bajo esto representa que el suelo tiene un alto contenido de Materia Orgánica o de contenido de yeso. Ya que, la materia orgánica es pesada y la cantidad de este elemento en el suelo tiene un impacto significativo en la densidad de las partículas.(Medina-Méndez et al., 2006)

10.1.3. Densidad Aparente (Da)

Tabla 26.

Resultados de la Densidad Aparente (Da)

Número de muestra	Densidad Aparente (Da) gr/cm ³
1	1,38
2	1,38
3	1,39
4	1,39
5	1,38
6	1,39
Promedio	1,39

En la tabla 26 se puede observar que, mediante la técnica de los cilindros indeformables, tenemos un resultado de Densidad Aparente (Da) de 1,39 gr/cm³, según la clasificación de la Densidad Aparente (Da) de los suelos (ver tabla 11), tenemos como resultado que el suelo tiene una Densidad Aparente (Da) Medio, porque se encuentra en el rango de 1,2 – 1,45 gr/cm³.

Si la Densidad Aparente (Da) del suelo es de 1,2 gr/cm³ hasta 1,45 gr/cm³ (ver tabla 11), que significa que está en una clasificación Medio esto representa que el suelo posea aspectos positivos en cuanto a la compactación, infiltración y disponibilidad de agua, desarrollo radicular y la porosidad.(Perea et al., 2021)

10.1.4. Porosidad

Tabla 27.

Resultados de la Porosidad

Número de muestra	% Porosidad
1	47,33
2	46,09
3	45,28
4	47,15
5	47,92
6	43,72
Promedio	46,25

En la tabla 27 podemos observar que, mediante una relación de la Densidad real (D_r) y la Densidad aparente (D_{ap}) se puede calcular el porcentaje Poroso, como resultado el suelo tiene un porcentaje Poroso de 46,25 % según la clasificación del porcentaje Poroso de los suelos (ver tabla 12), tenemos como resultado que el suelo tiene un porcentaje Poroso de Bajo porque se encuentra en el rango de 40 a 50 %.

Si la Porosidad del suelo es de 40 % hasta 50% (ver tabla 12), que significa que está en una clasificación Bajo esto representa que el suelo tiene una Porosidad satisfactoria para capa arable.(Cueto et al., 2008)

10.1.5. Textura

Tabla 28.

Textura de suelo interpretando resultados en el triángulo de textura

Clasificación textural	Laboratorio de la UTC Porcentaje
Arena	43%
Limos	41%
Arcillas	16%

En la tabla 28 podemos observar que, mediante el método del densímetro de Bouyoucos se puede saber el tipo de suelo mediante el porcentaje de arena, limo y arcilla, como resultado el suelo tiene un 43% de Arena, 41% de limos y 16% arcillas según la clasificación del Diámetro de las Partículas de los suelos (ver tabla 14), y mediante al triangulo de textura del suelo (ver figura 4), como resultado el suelo tiene una Textura franco.

Si la Textura del suelo es Franco tenemos mejores propiedades físicas y químicas, estructura ligeramente estable, fertilidad alta, adecuada retención de humedad. (Forero-Cabrera et al., 2016)

10.2. Propiedades Químicas

10.2.1. pH

Tabla 29.

Resultados del pH

Número de muestra	pH
1	7,87
2	7,90
3	7,95
4	7,92
5	7,94
6	7,90
Promedio	7,91

En la **tabla 29** podemos observar que, utilizando un pH-metro digital, agua destilada y soluciones tampones de 7,02 y 4, y sometiendo la muestra de suelo en extracto acuoso se puede calcular el pH del suelo, como resultado que el suelo tiene un pH de 7,91, Medianamente Alcalino, según la interpretación del pH de los suelos (ver tabla 16), tenemos como resultado que el suelo tiene un pH Medianamente Alcalino. Porque se encuentra en el rango de 7,4 a 7,8.

Si el pH del suelo es de 7,9 hasta 8,4 (ver tabla 16), que significa que está en una clasificación Medianamente Alcalino esto representa que el suelo tiene afectaciones en la movilidad del fosforo por efecto del calcio, además de problemas en la movilidad de nutrientes. (Millán Marrero et al., 2018)

10.2.2. Nutrientes

Tabla 30.

Resultados de la Materia Orgánica

Nutrientes	Niveles en ppm
Potasio(k)	899,3
Calcio (Ca)	3406,6
Sodio (Na)	200
Nitratos (NO ₃)	400

Conductividad eléctrica	Unidad dSm-1
Conductividad Eléctrica	1178

En la tabla 30 podemos observar que mediante la técnica de la extracción de pasta saturada (SPE), tenemos como resultado de Na 200 ppm (alto), K 899,3 ppm (alto), Ca 3406,6 ppm (alto), NO₃ 400 ppm (alto) y Conductividad Eléctrica 1178 dSm-1(alto), según la clasificación de la escala de los Nutrientes y Conductividad Eléctrica (ver tabla 18), tenemos como resultado que los nutrientes como el Sodio (Na) Alto, Potasio (K) Alto, Calcio (Ca) Alto y Nitratos (NO₃) Alto en cuanto a la Conductividad Eléctrica se encuentra en un nivel Alto, porque los Nutrientes y la Conductividad Eléctrica sobre pasan la escala establecida.

Si los Nutrientes y la Conductividad Eléctrica sobre pasan la escala establecida (ver tabla 18), significa que está en una clasificación de Alto esto representa que el suelo tiene ventajas al tener una gran cantidad de nutrientes, pero puede llegar a provocar toxicidad así la planta, el Alto contenido de Calcio (Ca), provoca disminución de otros nutrientes como el hierro (Fe), zinc (Zn), así mismo el Alto contenido de Potasio (k) influye en la concentración del Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), el Alto contenido de Sodio (Na) afecta en la absorción del Potasio (K) y Calcio (Ca), en cuanto el contenido Alto del Nitrato (NO₃) genera una ventaja al ser fácilmente absorbida por la planta, y la Conductividad Eléctrica está en un rango Alto pero muy cercano al minino de la clasificación de Alto. (Arellano y Prado) 2008

10.2.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Tabla 31.

Resultados de la capacidad de intercambio catiónico.

Numero de muestra	Valor C.I.C. (meq/100 gr de suelo)
1	20,33
2	21,25
3	19,27
4	19,15
5	19,68
6	19,23
Promedio	19,47

En la tabla 31 se puede observar que mediante la técnica de acetato de amonio tenemos un resultado de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es de 19,47 meq/100gr, según la clasificación de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de los suelos (ver tabla 20), tenemos como resultado que el suelo tiene una Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) Medio, porque se encuentra en el rango de 10 -20 meq/100gr.

Si la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo es de 10 meq/100gr hasta 20 meq/100gr (ver tabla 20), que significa que está en una clasificación Medio con aproximación a una clasificación de Alto, por ende, el suelo posee disponibilidad y porcentaje de nutrientes a la planta, capacidad de retener cationes y su pH potencial. (Cruz-Macías et al., 2020)

10.2.4. Materia Orgánica

Tabla 32.

Resultados de la Materia Orgánica

Número de muestra	Laboratorio de la UTC % de Materia Orgánica
1	3,7945
2	3,7935
3	3,8072
4	3,8152
5	3,7979
6	3,7976
Promedio	3,8010

En la tabla 32 podemos observar que, mediante la técnica por calcinación, tenemos un resultado de Materia Orgánica de 3,8010 %, según la interpretación de porcentaje de Materia Orgánica (ver tabla 22), tenemos como resultado que el suelo tiene un porcentaje de Materia Orgánica Alto, porque se encuentra en el rango de $> 3 \%$

Si el porcentaje de Materia Orgánica del suelo es $> 3 \%$ (ver tabla 22), significa que está en una clasificación de Alto esto representa que el suelo, incrementa la fertilidad del suelo ya que proporciona humus (partículas coloidales con carga negativa, llamados coloides) que ayudan a retener e intercambiar cationes nutritivos. (Pina y Armas) 2015

10.3. Porcentaje del Índice de Error y Eficiencia

10.3.1. Textura

De una manera correcta el error es la diferencia que existe entre la medida y el valor referencial, por ende, el método a establecer es el Índice de Error y Eficiencia que sirve para cuantificar el valor experimental mediante la Eficiencia para así validar los resultados de las técnicas básicas de laboratorio realizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, en la provincia de Cotopaxi comparándolas a los resultados de análisis de suelo enviados al INIAP en la provincia de Pichincha .

Tabla 33.

Resultados de la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia de la Textura

Laboratorio de la UTC Textura	Laboratorio del INIAP Textura	% Índice de error	% Eficiencia
Franco	Franco		
Porcentaje de la Clasificación textural	Porcentaje de la Clasificación textural		
Arena 43%	Arena 46 %	6,5	93,5
Limos 41%	Limos 40%	2,5	97,5
Arcillas 16%	Arcillas 14%	14,3	85,7

En la tabla 33 se puede observar el Porcentaje de las partículas del suelo de arena, limo y arcilla para la Clasificación Textural en el triángulo Textural obtenido en el Laboratorio de la UTC,

una textura Franco, con un porcentaje de 43% Arena, 41% de Limos y 16% de Arcillas y el resultado del Laboratorio del INIAP es de una textura Franco, con un porcentaje de 46% Arena, 40% de Limos y 14% de Arcillas mediante la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia, de la Arena se obtuvo un índice de Error de 6,5 % y una Eficiencia de 93,5 %, de los Limos un índice de Error de 2,5 % y una Eficiencia de 97,5 % y de las Arcillas un índice de Error de 14,3 % y una Eficiencia de 85,7 % según el porcentaje de Eficiencia (ver tabla 23), tenemos como resultado que, mediante el método del densímetro de Bouyoucos se puede saber la textura de suelo mediante el porcentaje de arena, limo y arcilla del suelo por ende, en cuanto los Limos y la Arena tiene una cuantificación adecuada, no demanda de datos adicionales, porque se encuentra en el rango de 90 a 100% de Efectividad, pero el porcentaje de la Arcillas tiene una Cuantificación buena, aunque reduce la eficiencia, porque se encuentra en el rango de 80 a 90%.

La Arena y los Limos tienen Efectividad de 90% hasta 100% (ver tabla 23), significa que la tiene una cuantificación adecuada, pero las Arcillas tiene una Cuantificación buena, aunque reduce la eficiencia, porque se encuentra en el rango de 80 a 90% (ver tabla 23), porque se puede observar en la tabla 27 que los resultados del Laboratorio de la UTC y el del Laboratorio del INIAP son similares y ambos valores tuvieron como resultado un suelo de Textura Franco pero con diferencia de Porcentaje de partículas de Arena, Limo y Arcilla (ver imagen 5), al aplicar la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia generamos veracidad y valides en las investigaciones.

10.3.2. pH

De una manera correcta el error es la diferencia que existe entre la medida y el valor referencial, por ende, el método a establecer es el Índice de Error y eficiencia que sirve para cuantificar el valor experimental mediante la Eficiencia para así validar los resultados de las técnicas básicas de laboratorio realizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, en la provincia de Cotopaxi comparándolas a los resultados de análisis de suelo enviados al INIAP en la provincia de Pichincha.

Tabla 34.

Resultados de la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia del pH

Laboratorio de la UTC pH	Laboratorio del INIAP pH	% Índice de error	% Eficiencia
7,91	8,10	2,6	97,7

En la tabla 34 se puede observar el pH obtenido en el Laboratorio de la UTC es de 7,91 y el resultado del Laboratorio del INIAP es de 8,10 mediante la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia, se obtuvo un resultado de índice de Error de 2,6 % y una Eficiencia de 97,7 % según el porcentaje de Eficiencia (ver tabla 23), tenemos como resultado que , utilizando un pH-metro digital, agua destilada y soluciones tampones de 7,02 y 4, y sometiendo la muestra de suelo en extracto acuoso se puede calcular el pH del suelo por ende, tiene una cuantificación adecuada, no demanda de datos adicionales, porque se encuentra en el rango de 95 a 100% de Efectividad

Si la Efectividad es de 95% hasta 100% (ver tabla 23), significa que tiene una cuantificación adecuada, no demanda de datos adicionales, porque se puede observar en la tabla 34 que los resultados del Laboratorio de la UTC y el del Laboratorio del INIAP son similares y ambos valores entran al rango de Medianamente Alcalino (Ver tabla 16), al aplicar la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia generamos veracidad y valides en las investigaciones.(Arévalo et al., 2022)

10.3.3. Nutrientes

De una manera correcta el error es la diferencia que existe entre la medida y el valor referencial, por ende, el método a establecer es el Índice de Error y Eficiencia que sirve para cuantificar el valor experimental mediante la Eficiencia para así validar los resultados de las técnicas básicas de laboratorio realizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, en la provincia de Cotopaxi comparándolas a los resultados de análisis de suelo enviados al INIAP en la provincia de Pichincha .

Tabla 35.*Resultados de la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia de los Nutrientes*

Nutrientes	Laboratorio de la UTC Ppm	Laboratorio del INIAP Ppm	% Índice de error	% Eficiencia
Potación (K)	899,3	1020	11,8	88,2
Calcio (Ca)	3406,6	3969,7	14,2	85,8

En la tabla 35 se puede observar el contenido de Nutrientes obtenido en el Laboratorio de la UTC, el Potasio (K) de 899,3 ppm y el Calcio (Ca) de 3406,6 ppm y el resultado del Laboratorio del INIAP es de el Potasio (K) de 1020 ppm y el Calcio (Ca) de 3969,7 ppm, mediante la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia, el Potasio (K) se obtuvo un índice de Error de 11,8 % y una Eficiencia de 88,2 % y del Calcio (Ca) un índice de Error de 14,2 % y una Eficiencia de 85,8 %, según el porcentaje de Eficiencia (ver tabla 23), tenemos como resultado que, mediante la técnica de la extracción de pasta saturada (SPE) se puede conocer la cantidad de Nutrientes del suelo por ende, tiene una Cuantificación buena, aunque reduce la eficiencia, porque se encuentra en el rango de 80 a 90%.

El Potasio (k) y el Calcio (Ca) tienen Efectividad de 80% hasta 90% (ver tabla 23), significa que tiene una Cuantificación buena, aunque reduce la eficiencia, porque se puede observar en la tabla 35 que los resultados del Laboratorio de la UTC y el del Laboratorio del INIAP son similares y ambos valores tuvieron como resultado un suelo con un contenido de Potasio (K) Alto y Calcio (Ca) Alto, al aplicar la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia generamos veracidad y valides en las investigaciones.(Arévalo et al., 2022)

10.3.4. Materia Orgánica

De una manera correcta el error es la diferencia que existe entre la medida y el valor referencial, por ende, el método a establecer es el Índice de Error y Eficiencia que sirve para cuantificar el valor experimental mediante la Eficiencia para así validar los resultados de las técnicas básicas de laboratorio realizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, en la provincia de Cotopaxi comparándolas a los resultados de análisis de suelo enviados al INIAP en la provincia de Pichincha .

Tabla 36.

Resultados de la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia de la Materia Orgánica

Laboratorio de la UTC % de Materia Orgánica	Laboratorio del INIAP	Índice de error %	Eficiencia
3,8010	3,94	3,5	96,5

En la tabla 36 se puede observar el % de Materia Orgánica obtenido en el Laboratorio de la UTC es de 3,8010 5 y el resultado del Laboratorio del INIAP es de 3,94%, mediante la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia, se obtuvo un resultado de índice de Error de 3,5 % y una Eficiencia de 96 % según el porcentaje de Eficiencia (ver tabla 23), tenemos como resultado que la técnica por calcinación o los on ignition (LOI) para calcula el % Materia Orgánica tiene una cuantificación adecuada, no demanda de datos adicionales, porque se encuentra en el rango de 95 a 100% de Efectividad.

Si la Efectividad es de 95% hasta 100% (ver tabla 23), significa que tiene una cuantificación adecuada, no demanda de datos adicionales, porque se puede observar en la tabla 36 que los resultados del Laboratorio de la UTC y el del Laboratorio del INIAP son similares y ambos valores entran al rango de % Materia Orgánica Alto (ver tabla 22), al aplicar la fórmula de porcentaje del Índice de Error y Eficiencia generamos veracidad y valides en las investigaciones. (Arévalo et al., 2022)

11. CONCLUSIONES

- Se elaboró una propuesta de guía de nueve técnicas básicas para el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo, de acuerdo a materiales, insumos y equipo existentes dentro del laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, en base de revisión bibliográfica de artículos científicos y hojas de cálculo (Microsoft Excel).
- Se analizó por medio de diferentes metodologías y técnicas básicas de laboratorio las propiedades físicas y químicas del suelo del lote número 3 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, llegando a conocer que el suelo una estructura de 1,17 mm (liguemente estable), densidad real de 2,58 g/cm³ (baja), densidad aparente 1,39

g/cm³(medio), porosidad de 46,25% (bajo), un suelo de textura franco, pH de 7,91 (moderadamente alcalino), Na 200 ppm (alto), K 899,3 ppm (alto), Ca 3406,6 ppm (alto), NO₃ 400 ppm (alto), conductividad eléctrica 1178 dSm⁻¹(alto), capacidad de intercambio catiónico 19,47 meq/100 g (medio) y materia orgánica de 3,8010 % (alto) y obteniendo resultados parecidos y fidedignos a los del Laboratorio del INIAP.

12. RECOMENDACIONES:

- Investigar más métodos que permitían conocer el valor de estas nueve o más propiedades físicas y químicas del suelo.

13. BIBLIOGRAFIA

- Arévalo, G. E., Sánchez-Amaya, J. M., & Guillen-Marquina, I. (2022). Estudio del contenido materia orgánica por dos métodos analíticos en suelos de Honduras. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1), 1-13. <https://doi.org/10.15359/rca.57-1.11>
- Barrezueta-Unda, S., Cervantes-Alava, A., Ullauri-Espinoza, M., Barrera-Leon, J., & Condoy-Gorotiza, A. (2020). EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE IGNICIÓN PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA PROVINCIA EL ORO-ECUADOR. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 19(2), 25-36. <https://doi.org/10.14409/fa.v19i2.9747>
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- Cantú, M. P., Becker, A., Bedano, J. C., & Schiavo, H. F. (2007). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS MEDIANTE EL USO DE INDICADORES E ÍNDICES*.
- Castillo-Valdez, X., Etchevers-Barra, J. D., Hidalgo-Moreno, C. M. I., & Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: Generación e interpretación de indicadores. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R. A., Chávez-Hernández, M. H., & Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(3), 475-480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- Cueto, O. G., Coronel, C. E. I., Suárez, M. H., & Bravo, E. L. (2008). *Efecto de la humedad y la presión sobre el suelo en la porosidad total de un Rhodic Ferralsol*. 17(2).
- Erazo-Mesa, E., Echeverri-Sánchez, A., & Urrutia Cobo, N. (2021). Nuevo algoritmo para generar patrones espaciales de muestreo de suelos en experimentos agrícolas. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 23(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2306
- Faita, E. C., Ros, M. Á., & Buiani, A. R. G. (2015). *FORMULACIÓN DE UN ÍNDICE DE CALIDAD EDÁFICA PARA ARGIUDOLES DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO LUJÁN*.
- Forero-Cabrera, N. M., Camacho-Tamayo, J. H., Ramírez-López, L., & Rubiano Sanabria, Y. (2016). EVALUACIÓN DE TEXTURA DEL SUELO CON ESPECTROSCOPÍA DE

- INFRARROJO CERCANO EN UN OXISOL DE COLOMBIA. *Colombia Forestal*, 20(1), 5. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.1.a01>
- Fundora, A. B. (2017). *INFLUENCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE USO DEL SUELO SOBRE SU ESTRUCTURA*. 38(4).
- García, Y. (2012). *Indicadores de la calidad de los suelos: Una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource*. 35(2).
- Hernández Díaz, M. I., Chailloux Laffita, M., Moreno Placeres, V., Igarza Sánchez, A., & Ojeda Veloz, A. (2014). Niveles referenciales de nutrientes en la solución del suelo para el diagnóstico nutricional en el cultivo protegido del tomate. *Idesia (Arica)*, 32(2), 79-88. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200011>
- Hirzel, J., Toloza, S., & Novoa, F. (2016). EVOLUCIÓN A CORTO PLAZO DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS EN DOS SUELOS DE LA ZONA CENTRO SUR DE CHILE FERTILIZADOS CON DIFERENTES FUENTES DE CALCIO. *Chilean journal of agricultural & animal sciences, ahead*, 0-0. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902016005000006>
- Huamán-Carrión, M. L., Espinoza-Montes, F., Barrial-Lujan, A. I., & Ponce-Atencio, Y. (2021). Influence of altitude and soil characteristics on organic carbon storage capacity of high Andean natural pastures. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 83-90. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.010>
- Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., & Henríquez, M. (2013). *PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA BAJO DIFERENTES MANEJOS EN LA ZONA DE QUÍBOR, ESTADO LARA*.
- Medina-Méndez, J., Volke-Haller, V., González-Ríos, J., Galvis-Spínola, A., & Santiago-Cruz, M. (2006). *CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LOS SISTEMAS DE MAÍZ BAJO TEMPORAL Y MANGO BAJO RIEGO EN LUVISOLES DEL ESTADO DE CAMPECHE*.
- Millán Marrero, F. C., Prato, J. G., La Cruz, Y., & Sánchez, A. (2018). Estudio metodológico sobre la medición de pH y conductividad eléctrica en muestras de compost. *Revista Colombiana de Química*, 47(2), 21-27. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n2.67338>
- Perea, Y. E., Batis, B. V., García, Y. M. R., Suárez, J. R., Osoria, O. R., & Fonseca, R. R. (2021). *Propiedades físicas del suelo en cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba*.
- Pérez López, E. (2014). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes*, 14(29). <https://doi.org/10.15517/isucr.v14i29.13496>
- Sotelo Ruíz, E. D., González Hernández, A., Cruz Bello, G., Moreno Sánchez, F., & Cruz Cárdenas, G. (2019). LOS SUELOS DEL ESTADO DE MÉXICO Y SU ACTUALIZACIÓN A LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO 2006. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8), 71-84. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i8.538>
- Torres-Guerrero, C. A., Govaerts, B., & León-González, F. D. (2013). *Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo*.
- Vallejo, V. E., Afanador, L. N., & Hernández, M. A. (2018). *EFFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS AGRÍCOLAS SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE CACHIPAY, CUNDINAMARCA, COLOMBIA*.