



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO,  
MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE  
SUELOS, DEL LOTE SEIS, EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CAMPUS SALACHE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2023”**

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

**Autora:**

Arcos Granja María Belen

**Tutor:**

Chasi Vizuete Wilman Paolo

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Febrero 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Arcos Granja María Belén, con cédula de ciudadanía No. 0503543647, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO, MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, DEL LOTE SEIS, EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2023”**, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuite, 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, 16 de febrero del 2024



María Belén Arcos Granja  
C.C: 0503543647  
**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 **ARCOS GRANJA MARIA BELEN**, identificada con cédula de ciudadanía **0503543647** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO, MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, DEL LOTE SEIS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2023.”**, 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. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

Tema: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO, MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, DEL LOTE SEIS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2023.”**

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

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

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

- a. La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b. La publicación del trabajo de grado.
- c. La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d. La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e. Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2024.

  
Arcos Granja María Belén  
**LA CEDENTE**

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



## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO, MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, DEL LOTE SEIS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2023.”**, de Arcos Granja María Belén, 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, 16 de febrero del 2024



Ing. Wilman Paoio Chasi Vizuete, Mg.

C.C: 0502409725

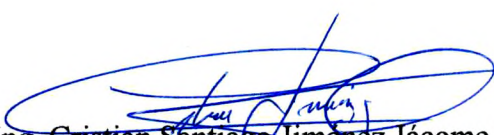
**DOCENTE TUTOR**

## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**


En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Arcos Granja María Belén, con el título de Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO, MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, DEL LOTE SEIS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS SALACHE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2023**”, 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, 16 de febrero del 2024

  
Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.  
C.C: 0501946263  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

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

  
Ing. Emerson Javier Jácome Mogro, Ph.D.  
C.C: 0501974703  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar quiero agradecer a mi tutor el ing. Paolo Chasi, quien me ha brindado su inestimable orientación y apoyo durante todo el proceso de elaboración de este proyecto de titulación, sin su guía y experiencia, no habría sido posible llegar hasta aquí, también quiero agradecer a mis compañeros de quienes me han ofrecido su ayuda y su amistad en todo momento, gracias a su colaboración y a sus comentarios constructivos, he podido mejorar este proyecto, agradezco especialmente a mi familia quienes me han brindado su amor y su comprensión en los momentos más difíciles de esta camino, su apoyo incondicional ha sido fundamental para mí, finalmente quiero agradecer a todas aquellas personas que, de una forma u otra, han construido a que este proyecto se haga realidad, su ayuda y su confianza en mi han sido un gran estimulante para seguir adelante*

*María BelénArcos Granja*

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a Dios quien me permitió seguir adelante en esta etapa de mi vida, a mis padres quien me apoyaron y fueron un ente fundamental en mis estudios, a mi esposo por tener comprensión y paciencia, a mi hijo por motivarme todos los días a no rendirme y sobre todo a mis compañeros y maestros quienes asieron parte integral de mi camino académico y persona, gracias por ser mi luz en momentos oscuros y por creer en mí siempre.*

*María BelénArcos Granja*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TITULO: “DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO, DEL LOTE NUMERO SEIS, MEDIANTE EL USO DE TECNICAS BASICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS, EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE, PROVINCIA DE COTOPAXI 2023.”**

**Autor:**

Arcos Granja María Belen

**RESUMEN**

La presente investigación se ejecutó mediante el proyecto Institucional “Fortalecimiento de competencias docentes y de extensión agraria de la Universidad, a través de la potenciación analítica de su laboratorio”, y se llevó a cabo en el lote seis de la Universidad técnica de Cotopaxi ubicada en el sector de Salache en el barrio Eloy Alfaro Cantón Latacunga, el objetivo fue determinar las propiedades físico-químicas del suelo, estableciendo técnicas básicas de laboratorio de suelo para analizar las propiedades químicas, como pH (potencial hidrogeno), %MO (Porcentaje de Materia Orgánica), C.E (Conductividad Eléctrica), CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y Concentraciones Ca, Na, K, N, así como también las propiedades físicas como %Po (Porcentaje de porosidad), Dr.(Densidad real), Da.(Densidad aparente), estructura de suelo y textura del suelo; Para el cumplimiento del mismo se implementó dos fases, la primera consistió en la elaboración de una guía de técnicas básicas, adaptadas de técnicas y manuales encontradas en diferentes fuentes bibliográficas, que se implementó en el laboratorio de Suelos de la Universidad técnica de Cotopaxi. Y en la segunda fase se recolecto seis submuestras de suelo para su análisis y con los resultados se validó con los obtenidos de una muestra compuesta de suelo del sector antes mencionado y analizados en laboratorio de suelo del INIAP.

De los datos obtenido se determinó que el suelo analizado presento las siguientes características físicas y químicas, pH 8,07(ligeramente moderado), %MO 2,60 (nivel medio) C.E 1342,50 dS/m (nivel alto), CIC 123,86 meq/gr (nivel alto), Ca, 2146,67 ppm (nivel medio) Na, 123ppm (nivel medio) K, ppm 443,50 (nivel bajo) N, 30,60ppm (nivel bajo), Po 79,21% (porosidad excesiva), Dr 2,14g/cm<sup>3</sup>.(nivel medio), Da2,917 g/cm<sup>3</sup> (muy alto), Estructura de Suelo 5,08%(estable) y Textura del suelo( Franco Arenoso). Los parámetros corroboran que en un 60% están en un rango aceptable de similitud lo que valida la confiabilidad de 90% en las técnicas básicas propuestas con un margen de error del 10%.

**Palabras Claves:** Suelo, caracterización, pH, CIC, MO, Salache, parámetros, técnicas.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**TITLE: "DETERMINATION OF THE PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL, LOT NUMBER SIX, THROUGH THE USE OF BASIC TECHNIQUES OF THE SOIL LABORATORY, AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI CAMPUS SALACHE, PROVINCE OF COTOPAXI 2023".**

**Author:**  
Arcos Granja María Belen

**ABSTRACT**

The present investigation was carried out through the Institutional project "Strengthening of teaching and agricultural extension competences of the University, through the analytical strengthening of its laboratory", and was carried out in lot six of the Technical University of Cotopaxi located in the Salache sector in the Eloy Alfaro neighborhood, Canton Latacunga, The objective was to determine the physical-chemical properties of the soil, establishing basic soil laboratory techniques to analyze the chemical properties, such as pH (hydrogen potential), %MO (Percentage of Organic Matter), C. E (Electrical Conductivity), CEC (Cation Exchange Capacity) and Ca, Na, K, N concentrations, as well as physical properties such as %Po (Percent Porosity), Dr. (True Density), Da. (Bulk Density), soil structure and soil texture; The first phase consisted of the elaboration of a guide of basic techniques, adapted from techniques and manuals found in different bibliographic sources, which was implemented in the Soil Laboratory of the Technical University of Cotopaxi. In the second phase, six soil subsamples were collected for analysis and the results were validated with those obtained from a composite soil sample from the aforementioned sector and analyzed in the INIAP soil laboratory.

From the data obtained, it was determined that the soil analyzed had the following physical and chemical characteristics: pH 8.07 (slightly moderate), %MO 2.60 (medium level), C. E 1342.50 dS/m (high level), CIC 123.86 meq/gr (high level), Ca, 2146.67 ppm (medium level) Na, 123ppm (medium level) K, ppm 443.50 (low level) N, 30.60ppm (low level), Po 79.21% (excessive porosity), Dr 2.14g/cm<sup>3</sup>. (medium level), Da2.917 g/cm<sup>3</sup> (very high), Soil Structure 5.08% (stable) and Soil Texture (sandy loam). The parameters corroborate that 60% are in an acceptable range of similarity, which validates the reliability of 90% in the basic techniques proposed with a margin of error of 10%.

**Key words:** Soil, characterization, pH, CEC, MO, Salache, parameters, 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
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
4.1. Beneficiarios directos.....	3
4.2. Beneficiarios indirectos .....	3
5. PROBLEMATICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. General.....	5
6.2. Objetivos Específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
8.1. Suelo .....	7
8.2. Propiedades físicas y químicas del suelo .....	8
8.2.1. Propiedades físicas del suelo .....	8
8.2.2. Textura.....	9
8.2.3. Estructura.....	11
8.3. Propiedades químicas del suelo .....	12
8.3.1. Ph.....	13
8.3.2. Densidad .....	13
8.3.3. Porosidad .....	16
8.4.5. Capacidad de intercambio catiónico .....	17
8.4.6. Materia orgánica.....	17
8.2. Muestreo de suelo .....	18

8.3.4.	Equipo de muestreo .....	20
8.3.5.	Toma y Profundidad de muestreo.....	21
8.3.6.	Recorrido en Zig-zag .....	23
8.4.	Análisis de suelo .....	24
8.5.	Las dos funciones principales del análisis del suelo son: .....	24
8.6.	Análisis físicos de los suelos.....	25
8.7.	Análisis químicos de los suelos .....	25
8.8.	Índice de Error .....	25
8.8.1.	Errores aleatorios .....	25
8.8.2.	Errores sistemáticos.....	26
9.	PREGUNTA CIENTÍFICA .....	26
10.	METODOLOGÍA.....	26
10.1.	Lugar de investigación .....	26
10.2.	Ubicación del área de estudio.....	26
10.3.	Tipos de investigación.....	27
10.4.	Método de investigación .....	27
10.5.	Materiales y equipo de oficina .....	28
10.6.	Materiales y herramientas de caracterización .....	28
10.7.	Equipos.....	28
10.8.	Materiales de Laboratorio .....	28
10.9.	Primera Fase, Muestreo.....	29
10.4.	Parámetros físicos del suelo .....	31
10.4.1.	Estructura del suelo, método tamizado en seco .....	31
Interpretación de resultados .....		31
10.4.1.	Densidad Real, método Picnómetro Gay- Lussac .....	32
10.4.2.	Densidad Aparente, método de la Probeta.....	33
10.4.3.	Porosidad .....	34
10.4.4.	Determinación de textura con el método del Hidrómetro H152. ....	35
10.5.	Parámetros Químicos del suelo .....	36
10.5.1.	Capacidad de Intercambio Catiónico, método de titulación con Hidróxido de sodio (NaOH) .....	36
10.4.1.	pH, método pH-metro en Campo .....	37
10.4.2.	Materia Orgánica método de Calcinación, Walkley y Black .....	38



10.4.3. K, Ca Na (No3) Ph y Conductividad Eléctrica, método extracción de pasta saturada del suelo, Ibáñez Asensio.....	40
10.4.4. Índice de Error.....	41
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
12. IMPACTOS.....	44
12.1. Impacto Técnico.....	44
12.2. Impacto Ambiental.....	44
12.3. Impacto Socioeconómica.....	44
13. CONCLUSIONES.....	45
14. RECOMENDACIONES.....	45
15. BIBLIOGRAFIA.....	46
16. ANEXOS.....	52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades en relación a los objetivos. ....	5
Tabla 2. Porosidad del suelo: Límites .....	17
Tabla 3. Técnica de muestreo .....	18
Tabla 4. Proceso de toma de muestra a profundidad .....	22
Tabla 5. Profundidad del muestreo por tipo de cultivo .....	23
Tabla 6. Características del sitio de investigación.....	27
Tabla 7 Cantidad de submuestreo.....	30
Tabla 8 Cantidad de submuestreo.....	30
Tabla 9 Diámetros de tamices .....	31
Tabla 10 Interpretación de estructura del suelo.....	32
Tabla 11 Clasificación de la densidad real de los suelos.....	33
Tabla 12 Clasificación de la densidad aparente de los suelos .....	33
Tabla 13 Interpretación de la Porosidad .....	34
Tabla 10 Porcentaje de textura .....	36
Tabla 15 Valores estimativos de la CIC. ....	37
Tabla 16 Nivel de pH.....	38
Tabla 17 Porcentaje de materia orgánica del suelo (MO) .....	39
Tabla 18 Niveles de nutrientes .....	40

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Esquema de perfil del suelo.....	7
Grafico 2. Formación del suelo .....	8
Grafico 3. Propiedades físicas del suelo.....	9
Grafico 2. Textura del suelo .....	9
Grafico 5. Triángulo de textura .....	10
Grafico 6. Estructura del suelo: Agregado .....	11
Grafico 7. Estructura buena/mala .....	12
Grafico 8. Densidad en los suelos .....	13
Grafico 9. Densidad aparente y real .....	14
Grafico 10. Hidrómetro .....	15
Grafico 11. Elementos para la toma de muestras .....	20
Grafico 12. Proceso para la toma de muestra de suelo.....	21
Grafico 6. Recorrido en zig -zag .....	24
Grafico 6. Localización del lugar de investigación .....	26
Grafico 15. Ubicación del área de estudio.....	26
Grafico 16. Ubicación del área de estudio.....	29

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Determinación de las propiedades físico-químicas del suelo, mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio de suelos, del lote seis, en la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache, provincia de Cotopaxi 2023.”

### **Fecha de inicio:**

Abril 2023

### **Fecha de finalización:**

Marzo 2024

### **Lugar de ejecución:**

Barrio Eloy Alfaro (Salache) de la Ciudad de Latacunga

### **Facultad que auspicia:**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería agronómica

### **Equipo de Trabajo:**

Responsable del Proyecto: Arcos Granja María Belén

PhD. Fernando del Moral Torres Docente de la Universidad de Almería España (Convenio Interinstitucional Universidad de Almería España, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

Tutor: Ing. Mg. Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite

Lector 1: Ing. Mg. Jiménez Jácome Cristian Santiago

Lector 2: Ing. Troya Sarzorsa Jorge Fabian

Lector 3: Ing. Jácome Marco Emerson Javier

### **Coordinador del Proyecto:**

Nombre/s: Arcos Granja María Belén

Teléfono: 0990954427

Correo electrónico: [maria.arcos3647@utc.edu.ec](mailto:maria.arcos3647@utc.edu.ec)



**Área de Conocimiento:**

Agricultura - Agricultura, silvicultura y pesca - producción agropecuaria

**Línea de investigación:****Línea 1:**

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y prevención de desastres naturales, esta línea está enfocada en la generación de conocimientos para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad local, basado en la caracterización agronómica, física, bioquímica y sus ancestrales de los recursos naturales locales, esta información será fundamental para establecer planes de manejo, de producción y de conservación del patrimonio natural.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Agua y Suelo, encargado de generar alternativas tecnológicas producto de la investigación científica y estudios especiales, realizando actividades científicas y estudios especiales, competitivos y sostenibles que además respondan las interrogantes actuales y necesidad de respuestas en el manejo del suelo y agua en las tres regiones naturales.

**Línea de vinculación de la carrera:**

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

**2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Se analizaron protocolos existentes para análisis de las propiedades físicas y químicas de suelos, se comparó con los materiales existentes en el laboratorio y se redactó una guía de técnicas básicas de análisis de suelos adaptada a los recursos existentes en el laboratorio de suelos, posteriormente con el uso de las técnicas básicas propuestas en la guía se analizó el suelo del lote seis de campus CEASA y se determinó los parámetros químicos del suelo como, pH (potencial hidrogeno), %MO (Porcentaje de Materia Orgánica), C.E (Conductividad Eléctrica), CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y Concentraciones Ca, Na, K, N, así como también características físicas como %Po (Porcentaje de porosidad), Dr.(Densidad real), Da.(Densidad aparente), estructura de suelo y textura del suelo. los cuales fueron corroborados con los de un laboratorio externo y se estableció un nivel de confiabilidad de los datos para validar la utilidad de las técnicas analíticas propuestas.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Los suelos de la provincia de Cotopaxi ubicados en el centro norte del Callejón Interandino debido a su origen, presenta una gran variedad de suelos tanto en sus características físicas como químicas, por lo cual es necesario conocer la disponibilidad de nutrientes, fundamentalmente para las actividades agrícolas, por lo que la fertilidad natural del suelo es indispensable para emprender un programa de producción agrícola, pecuaria y forestal (Valencia,1999)

También se puede decir que existen prácticas inadecuadas de manejo de los suelos, que degradan el suelo por características físicas como la (textura) y química pH del suelo, el cual es necesario dar solución a estos problemas que actualmente son frecuentes en diferentes zonas agrícolas (Avilés, 2018).

Por tal motivo presente estudio se enfoca en la caracterización físico-químicas del suelo, estableciendo técnicas básicas de laboratorio que ayudan al mejoramiento del proyecto Institucional “Fortalecimiento de las competencias docentes y de extensión agraria de la Universidad, través de la potenciación analítica de su laboratorio de suelos”, se realiza esta investigación para guiar a los estudiantes a tener un mejor resultado de metodología de experimentos para analizar suelo en el Laboratorio. Mediante la guía a desarrollarse se pretende suministra información que ayude a evaluar los parámetros físicos y químicos de suelo a los estudiantes de la Faculta CAREN y de esta manera aportar información los productores de Cotopaxi, teniendo un mejor manejo de los suelos y por lo tanto un buen desarrollo de los cultivos, cantidad y calidad de las cosechas.

### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **4.1. Beneficiarios directos**

369 estudiantes de la carrera de agronomía

4 analistas de laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

#### **4.2. Beneficiarios indirectos**

Docentes investigadores de la Facultad

Técnicos agrícolas de Instituciones pública y privadas

Productores agrícolas de la zona

## **5. PROBLEMATICA DE LA INVESTIGACIÓN**

En la provincia de Cotopaxi, no existen laboratorios específicos para realizar análisis de suelos, y cuentan con poca accesibilidad. Por otro lado, los análisis de suelos se han llevado a cabo en laboratorios privados ubicados en la provincia de Pichincha. Además, la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un laboratorio específico de suelos que brinda facilidades del análisis de suelo y es de gran relevancia, dado que será de gran importancia para la universidad y los estudiantes de la carrera de Agronomía. Con mi tema de tesis, estoy intentando solución, la cual será de gran beneficio para los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

El análisis de suelo es una solución a estos problemas y es una herramienta útil para la recomendación de fertilizantes, condiciones de salinidad y nivel de degradación química de los suelos. El cual nos permite saber cuáles serán los óptimos resultados al momento de implementar un cultivo. No obstante, uno de los problemas en los análisis de suelo ha sido la dificultad de reproducir los resultados obtenidos en distintos laboratorios. Se ha encontrado que aun usando las mismas muestras y aplicando los mismos procedimientos de análisis los resultados difieren por consiguiente la estandarización de métodos y técnicas de análisis es indispensable para la obtención de resultados que puedan ser comparados entre si dentro de distintos laboratorios y análisis (Viets Jr, 1988).

Es necesario tener conocimiento de las características químicas y físicas del suelo para llevar a cabo la siembra, ya que todas las criaturas vivas, incluyendo las plantas, requieren condiciones ideales en su lugar de residencia, además de los recursos necesarios para su supervivencia. que el suelo contenga una gran cantidad de nutrientes (fosforo, potasio, nitratos, etc.) La textura, la porosidad, la densidad y la estructura del suelo pueden tener un impacto directo en la planta. Los problemas de suelo compactado, las restricciones de emergencia en el suelo, la absorción de agua o la menor absorción de agua debido a una menor capacidad de almacenamiento de agua, Urriola, 2020 afirma.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1. General

Determinar las propiedades físico-químicas del suelo del lote 6 de la Facultad CAREN, mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio

### 6.2. Objetivos Específicos

- Establecer técnicas básicas del laboratorio para la determinación de propiedades físico-químico del suelo.
- Corroborar las propiedades físico-químicas del suelo mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio propuestas

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

**Tabla 1.** *Actividades en relación a los objetivos.*

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN	DE
Establecer técnicas básicas del laboratorio para la determinación de parámetros físico-químicos de suelos.	Revisión bibliográfica de técnicas para determinar: parámetros físicos-químicos, materiales y reactivos en la caracterización de propiedades físico-químico del suelo. Constatación de los materiales, reactivos y equipos existentes en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales	Metodologías de prácticas de laboratorio para caracterizar propiedades físico-químicos del suelo listado de materiales reactivos requeridos para el desarrollo de prácticas de laboratorio para caracterizar propiedades físico-químicos del suelo	de Guía de prácticas básicas de laboratorio impresa. de Hoja de checklist. y	

<b>OBJETIVO 2</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>
Corroborar las propiedades físico-químicas del suelo mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio propuestas.	Zonificación del terreno, 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 muestras.
	Recolección de muestras de suelos para la caracterización.	Seis muestras de suelo tomadas en zig-zag del lote estudiado. Seis submuestras para formar la muestra de suelo tomadas en zig-zag del lote estudiado para el análisis en el laboratorio INIAP	Fotografías, muestras y libreta de campo. Resultados de Análisis de suelo laboratorio INIAP
	Ejecución de las prácticas del laboratorio de las propiedades físicas y químicas: estructura, densidades, porosidad y textura. Propiedades químicas: pH (campo y laboratorio, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico.	Datos cuantificables del lote de terreno en relación a los siguientes parámetros: estructura, densidades, porosidad, textura, pH (campo y laboratorio, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico.	Tabla de interpretación de caracterización del suelo. Cuadros estadísticos de las propiedades encontradas

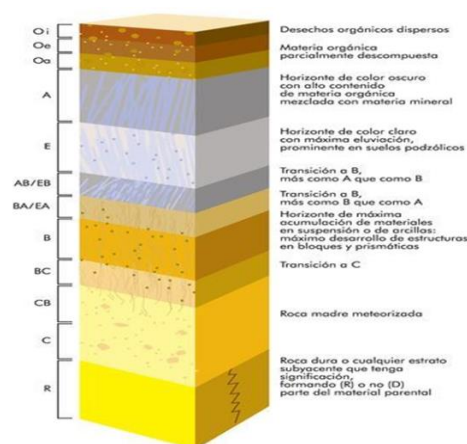
## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 8.1. Suelo

Velázquez (2022) describió el suelo como la "parte más superficial de la corteza terrestre, que se compone principalmente de restos de rocas resultantes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas, químicas y materia orgánica generada por la actividad biológica que se desarrolla en la superficie". Para IBERDROLA (2022) se refiere a la porción de tierra que se encuentra en la superficie de la corteza terrestre, que se caracteriza por ser variada y multiforme y donde se desarrollan los fenómenos climáticos como la lluvia, el viento, entre otros.

Villavicencio (2022) En una comprensión más profunda, incluye un escenario de complejos procesos químicos y físicos, que se ha convertido en un ecosistema subterráneo lleno de microorganismos abundantes cuya presencia afecta directamente la fertilidad del ecosistema. En este sentido, los suelos son formaciones que se derivan de la destrucción de la roca y la acumulación de materiales diferentes a lo largo de los siglos, un proceso que implica múltiples variantes físicas, químicas y biológicas. Estos procesos producen la disposición de capas bien diferenciadas, que se pueden observar en puntos de falla o fractura en la corteza terrestre (ver gráfico 1).

**Gráfico 1.** Esquema de perfil del suelo



**Fuente:** Geología, geomorfología y edafología. Atlas Nacional de España citado por (Villavicencio, 2022)

El perfil de un suelo, tal como se muestra en el gráfico 1, corresponde a la ordenación vertical de todos sus horizontes hasta la roca madre; los horizontes o niveles constituyen capas que se

desarrollan en el seno del suelo y que presentan, cada uno de ellos, características diferentes (Celi, 2022)

**Grafico 2.** *Formación del suelo*



**Fuente:** (BPA, 2020)

El suelo se compone en síntesis de ingredientes sólidos, líquidos y gaseosos, como: sólidos, que son el esqueleto mineral del suelo, que se compone principalmente de rocas, como silicatos óxidos de hierro y de aluminio, carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos y sólidos orgánicos. Por lo tanto, esta sustancia (agua) abunda en el suelo como líquido, pero no siempre en su estado puro (como en los yacimientos), sino cargada de iones, sales y una variedad de sustancias orgánicas (Carrera, 2022).

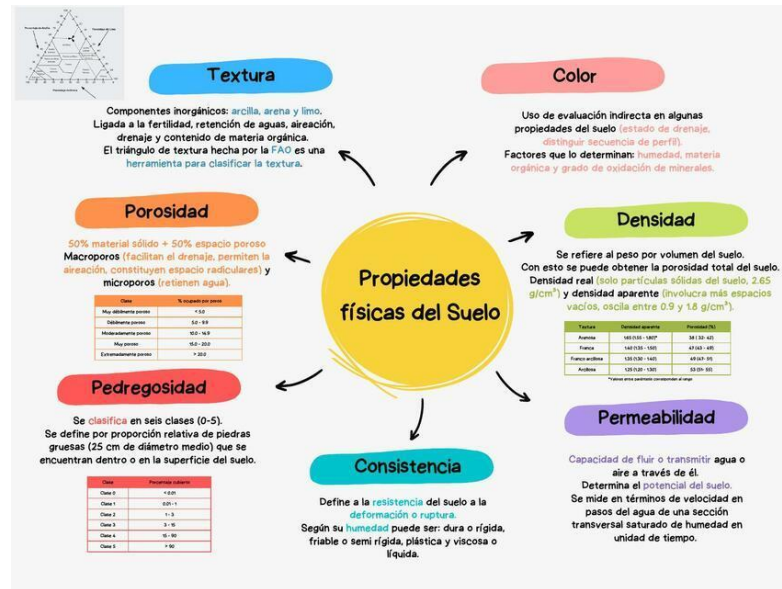
El agua en el suelo se mueve por capilaridad (como una bombilla) según la permeabilidad del suelo y transporta varias sustancias de un nivel a otro. El suelo contiene varios gases atmosféricos como el oxígeno (O<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero también puede contener hidrocarburos gaseosos como el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en cantidades diferentes dependiendo de la naturaleza del suelo. (Villavicencio, 2022)

## 8.2. Propiedades físicas y químicas del suelo

### 8.2.1. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas incluyen la estructura, la textura, la estabilidad general, la permeabilidad, la profundidad, la conductividad hidráulica y la capacidad de almacenamiento, lo que refleja cómo el suelo almacena y proporciona agua a las plantas, lo que permite la evolución de las raíces. (Toapanta, 2023)

**Grafico 3. Propiedades físicas del suelo**



**Fuente:** (Toapanta, 2023)

**8.2.2. Textura**

La textura constituye el tamaño y la proporción en que se encuentran las partículas minerales que forman el suelo determinando sus propiedades físicas en donde se incluyen la estructura, porosidad y el color. En lo que respecta a su textura se distinguen tres tipos de suelos: arena, arcilla y limo (Velázquez, 2022).

En este sentido, los diferentes ríos tienen arena. Los suelos arenosos son más sueltos y fáciles de trabajar, pero tienen pocas reservas de nutrientes aprovechables por las plantas. En cuanto a los suelos limosos, los gránulos de tamaño intermedio son fértiles y fáciles de trabajar; cuando están secos, producen terrones fáciles de desagregar. Los suelos arcillosos son pesados, difíciles de drenar y contienen una gran cantidad de nutrientes, mientras que la arcilla forma barro cuando está saturada de agua. Cuando están muy secos, son difíciles de trabajar (Villavicencio, 2022).

**Grafico 4. Textura del suelo**



ARENOSO	ARCILLOSO	LIMOSO
● <i>Áspero al tacto</i>	● <i>Seco puede formar terrones duros, que no pueden romperse fácilmente</i>	● <i>Seco, aparece en terrones suaves</i>
● <i>Puede romperse fácilmente</i>	● <i>Suave al tacto</i>	● <i>Húmedo, se amasa y es muy pegajoso</i>
● <i>No es pegajoso al tacto</i>	● <i>Húmedo, pegajoso</i>	● <i>Suave al tacto, pegajoso</i>
● <i>No mancha los dedos</i>	● <i>Mancha los dedos</i>	● <i>Mancha los dedos</i>

**Fuente:** (INTAGRI, 2020)

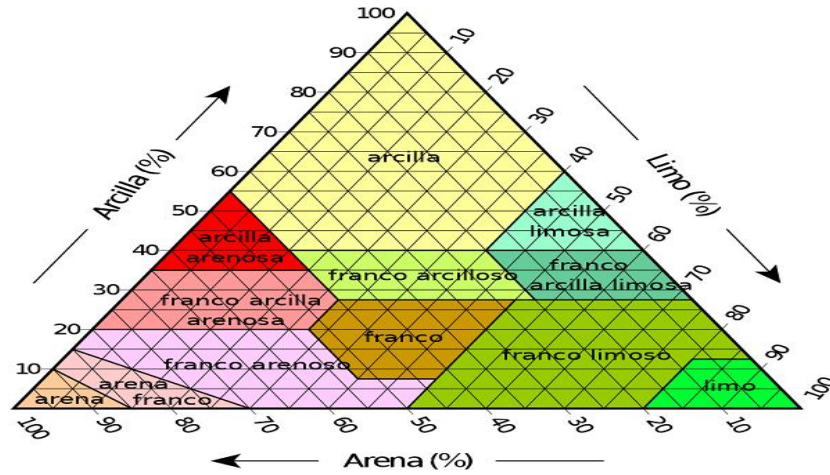
La textura del suelo tiene un impacto directo en una variedad de procesos en el proceso agrícola de gran escala, y esto determina el buen desarrollo de los cultivos. La textura es uno de los factores que determinan la dificultad de trabajo al trabajar el suelo. (BPA, 2020).

Según Velázquez (2022) los suelos arcillosos y muy pesados son extremadamente difíciles de trabajar. La fase gaseosa del suelo debe contener una gran cantidad de oxígeno retenido entre las partículas. Según Villavicencio (2022) en los suelos arcillosos con partículas muy pequeñas, la fase gaseosa es baja y no hay espacio entre ellas para el oxígeno. Por lo tanto, la fase gaseosa será más alta en los suelos arenosos.

Sin embargo, el tamaño de las partículas y la textura del suelo también afectan la capacidad de retención de agua. Estos tres factores mencionados, además de depender del tamaño de las partículas, también dependen del nivel de agregados del suelo (BPA, 2020). La textura muestra el porcentaje de partículas de limo, arena y arcilla en una muestra de suelo, las cuales tienen diferentes tamaños. Es importante considerar este indicador para conocer cuánta agua y aire retiene, así como la velocidad con que el agua se sumerge y atraviesa el suelo. (Villavicencio, 2022)

El triángulo de texturas, que permite identificar el prototipo de textura de una muestra de suelo según el porcentaje de arena, arcilla y limo, en este caso permitirá conocer la textura de los suelos de la zona de estudio. (Velázquez, 2022)

**Grafico 5.** Triángulo de textura



Fuente: (Velázquez, 2022)

8.2.3. Estructura

La estructura del suelo constituye la forma en la que las partículas se unen para formar agregados. Ron (2022) sostiene que la permanencia estructural de los agregados del suelo se refiere a la capacidad de los agregados para mantener su forma cuando están expuestos a fuerzas inducidas artificialmente, como la humectación, el impacto de las gotas de lluvia, el flujo de agua o un proceso dispersivo específico. En otras palabras, representa la resistencia de los agregados a cualquier alteración. Carrera (2022) dice que la estructura del suelo se puede definir agrupando las partículas de arena, limo y arcilla. Cuando estas partículas se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se llaman agregados.

En cuanto a la clasificación de la estructura, se evidencia:

La estructura del suelo no es un parámetro estable, sino que puede variar en función de las condiciones climáticas, el manejo del suelo, los procesos edáficos, etc.

El suelo está compuesto por un conjunto de agregados de diferente tamaño y estabilidad y la unión de los agregados de suelo organizados en una forma geométrica definida constituyen estructura del suelo una de las características físicas más importantes del suelo a relación con su uso y manejo.

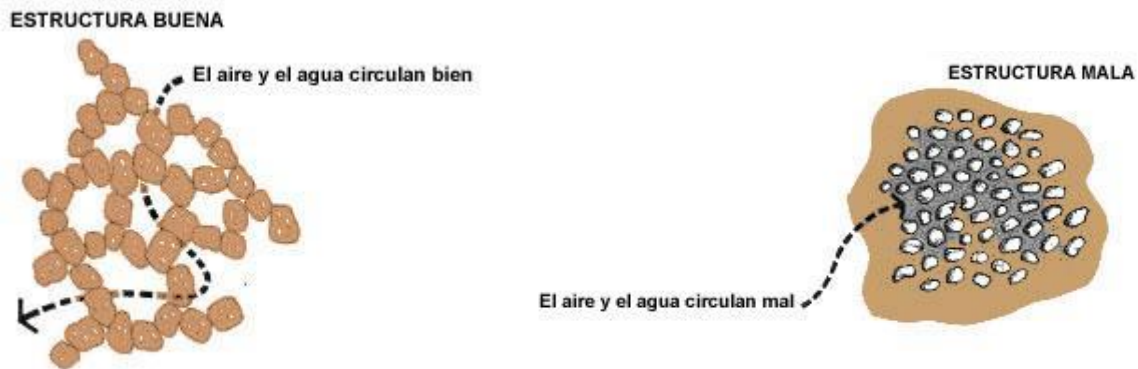
Grafico 6. Estructura del suelo: Agregado



Fuente: (Gómez, 2013).

En esta línea, se puede entender que la combinación del suelo se puede tomar varias modalidades, lo que resulta en diversas estructuras de suelo, según el investigador Villavicencio (2022). Según BPA (2020), el suelo varía significativamente en su circulación de agua dependiendo de su estructura; por lo tanto, es esencial conocer la estructura del suelo en el cual se propone edificar una granja piscícola.

**Grafico 7.** Estructura buena/mala



**Fuente:** (FAO, 2018)

Después de examinar las muestras de suelo no alteradas que tome, los técnicos especializados del laboratorio de análisis de suelos podrán proporcionar información sobre la calidad del suelo (poros/canales capilares, redes, etc.), así como información sobre el grado de circulación del agua o la permeabilidad, ya que no se puede recopilar toda esta información por cuenta propia.

Rivas (2021) sostiene que describir la estructura del suelo utilizando el grado (grado de agregación), la clase (tamaño medio) y el tipo de agregados es la forma más conveniente. Certos suelos pueden contener diferentes tipos de agregados juntos, y en esos casos, se describen por separado.

La intensidad de agregación que muestra la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y la adhesividad entre ellos se conoce como grado de estructura. Debido a que estas propiedades varían según el contenido de humedad del suelo, el grado de estructura debe determinarse cuando el suelo no esté excesivamente húmedo o seco.

La estructura del suelo no es un parámetro estable, sino que puede variar en función de las condiciones climáticas, el manejo del suelo, los procesos edáficos, etc

### 8.3. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo incluyen la capacidad del suelo para intercambiar arcilla y humus y proporcionar nutrientes a las plantas mediante la captación de partículas minerales. (Vargas et al., 2020)

### 8.3.1. Ph

La acidez o alcalinidad de una muestra de suelo se mide por el pH del suelo. El pH puede tener un valor entre 0 y 14; por lo tanto, cuando el pH es 7 se considera neutro, cuando es menos de 7 se considera ácido y cuando es más de 7 se considera alcalino (FAO, 2013).

El pH es una de las variables más cruciales en los suelos agrícolas, ya que influye directamente en la absorción de nutrientes del suelo por parte de las plantas y en la resolución de numerosos procesos químicos que ocurren en él.

Para Tituaña (2021) El pH ideal para estos suelos es de 6,5 a 7,0, ya que es el rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables y, por lo tanto, la mayoría de los cultivos se aportarán mejor. Por otro lado, hay cultivos y nutrientes (generalmente microelementos) que se adaptan mejor al pH que los ácidos o básicos. (Velázquez, 2022).

### 8.3.2. Densidad

La densidad corresponde a la influencia en la distribución de la vegetación, lo que se conoce como suelos más densos, se debe a la capacidad de sustentar más cantidad de vegetación (IAEA, 2022). En criterios de Andrade (2020) es el peso por volumen del suelo y se clasifica en densidad: real y aparente.

**Grafico 8.** Densidad en los suelos



**Fuente:** (Velázquez, 2022)

Mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo, en cuanto a lo que respecta al peso por volumen del suelo.

#### **8.4.3.1. Densidad Real**

Se ha sugerido que la densidad real es la densidad de las partículas densas del suelo. Esta densidad generalmente está alrededor de 2,65, aunque varía según la proporción de componentes del suelo. La densidad real (DR), también conocida como densidad de sólidos o densidad de partículas, es la relación entre la masa de un material sólido seco y el volumen real que ocupan sus partículas según los criterios de Velázquez (2022).

A medida que aumenta el contenido de materia orgánica, disminuye la densidad real del suelo. Esto se debe a que la materia orgánica pesa mucho y la cantidad de este componente en el suelo tiene un gran impacto en la densidad de las partículas, (Medina-Méndez et al., 2006).

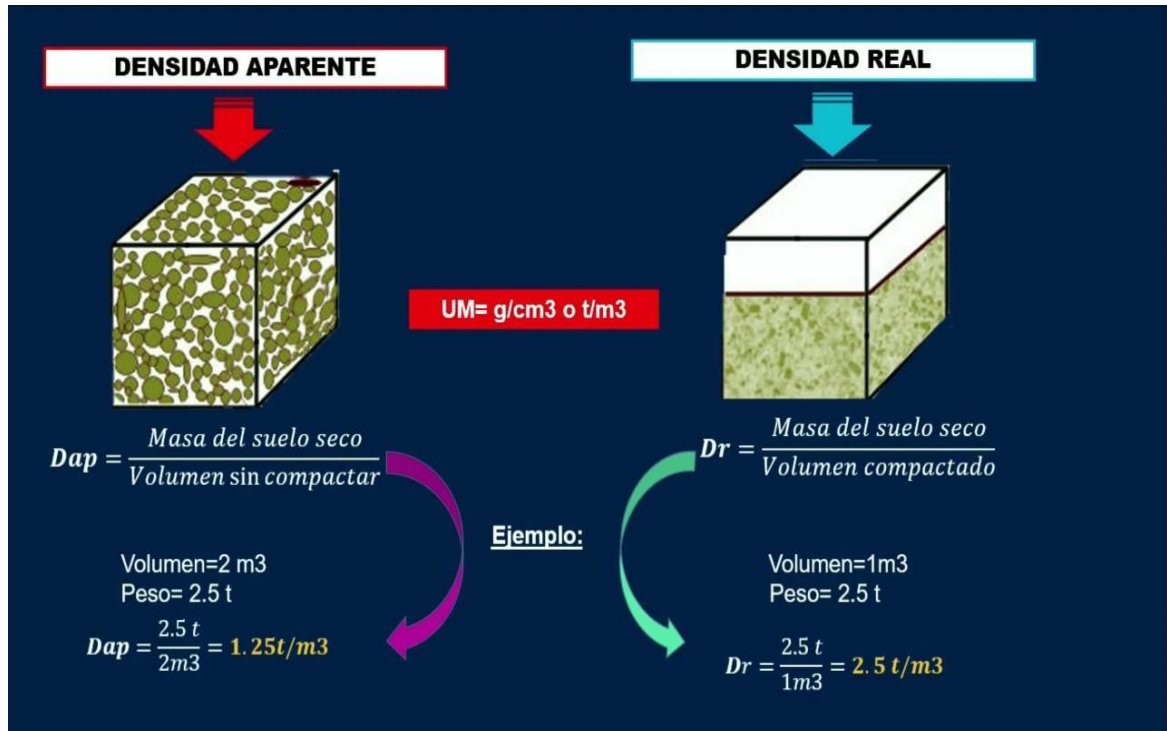
#### **8.4.3.2. Densidad Aparente**

La densidad aparente incluye tanto el volumen del sólido como el espacio poroso entre partículas. Se define como la relación entre la masa del suelo seco y su volumen total aparente (BPA, 2020).

También ha sido conceptualizada como la relación entre la masa de material sólido seco y el volumen que ocupa en unas condiciones determinadas, incluyendo el espacio poroso entre las partículas. La densidad aparente de un suelo siempre es inferior a la densidad real (Ubillús, 2021).

Para Vega (2020) la densidad aparente en suelos de textura fina varía entre 1 y 1,2g. cm<sup>-3</sup>, mientras que en suelos arenosos es mayor y puede variar entre 1,2 y 1,6g. Finalmente, se describe como la masa de las partículas de suelo seco por unidad de volumen (g/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup>) y analiza la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. La densidad aparente varía según la textura del suelo y la cantidad de materia orgánica presente. Según la FAO (2013)

**Grafico 9.** *Densidad aparente y real*



**Fuente:** (Andrade, 2020)

Estos índices tienen un impacto directo en la textura, la estructura, la cantidad y la naturaleza de la materia orgánica del suelo. Además, permiten obtener una idea de la cantidad de poros que tiene un terreno y su volumen relativo. Como resultado, estos índices muestran el estado de la tierra, la disponibilidad de la tierra para las raíces y la permeabilidad hidráulica y gaseosa. Andrade, 2020, afirma.

#### 8.3.4.3. Densidad con el hidrómetro H152

El hidrómetro de suelo ASTM 152H (SA-2) mide la densidad de una suspensión en gramos por litro (g/L). Su rango es de -5 a +60 g/L, en divisiones de 1 g/L a 68 °F (20 °C) (Velázquez, 2022).

Es por ello que, para medir la densidad con un hidrómetro, se introduce en el líquido y se deja que flote, permaneciendo parcialmente sumergido. La densidad del líquido se indica en la escala del tallo que permanece emergido (Andrade, 2020).

**Grafico 10.** *Hidrómetro*



**Fuente:** (Grandes, 2022)

El hidrómetro se utiliza para: Determinar la constante A; medir la densidad de la suspensión; medir la densidad específica de suelo. Por el principio de Arquímedes, el hidrómetro flota verticalmente en el líquido en donde se sumerge y mide la densidad del líquido a través de una marca que se encuentra exactamente en la superficie del líquido. (Vega, 2020)

### 8.3.3. Porosidad

La porosidad del suelo es la proporción de espacios vacíos o poros en relación con el volumen total del suelo. Estos poros pueden contener agua, aire o ambos. La porosidad del suelo es un factor importante para determinar su capacidad de retención y movimiento de agua, así como su capacidad para proporcionar aireación y espacio para el crecimiento de las raíces de las plantas (Cueto et al, 2008) .

El "espacio poroso del suelo" es el porcentaje del volumen del suelo que no está ocupado por sólidos. En general, los materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) representan el 50% del volumen del suelo, mientras que el resto es espacio poroso. Dentro del espacio poroso, se pueden encontrar microporos y microporos, donde el agua, los nutrientes, el aire y los gases pueden fluir o detenerse.

Según Celi (2020), los macro poros son responsables del drenaje, la aireación del suelo y la creación del espacio donde se forman las raíces, pero no retienen agua contra la fuerza de la gravedad. Los microporos mantienen agua, y algunos de ellos están disponibles para las plantas. El porcentaje de volumen del suelo que no está ocupado por sólidos se conoce como porosidad del suelo. La mitad del suelo está compuesta por materiales sólidos y la mitad por espacio poroso. Los poros del suelo contienen agua, gases y la actividad biológica del suelo. (BPA, 2020).

En este sentido, la porosidad del suelo depende de; la textura; la estructura; la actividad biológica del suelo; la porosidad del suelo se determina de forma indirecta a partir del valor

de la densidad aparente. En laboratorio se puede medir de forma directa utilizando un pirómetro (Andrade, 2020).

La porosidad del suelo varía dentro de los siguientes límites de acuerdo con Vega (2020)

**Tabla 2.** *Porosidad del suelo: Límites*

Suelos ligeros:	30 – 45 %
Suelos medios:	45 – 55 %
Suelos pesados:	50 – 65 %
Suelos turbosos:	75 – 90 %

**Fuente:** Vega (2020)

En resumen, los procesos de infiltración y escurrimiento del agua están fuertemente influenciados por la porosidad del suelo superficial.

#### 8.4.5. *Capacidad de intercambio catiónico*

El suelo tiene una propiedad química llamada capacidad de intercambio catiónico. Se refiere a la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas del suelo. El término también puede referirse al número total de cationes intercambiables que un suelo puede o no retener. Andrade (2020) afirma que es crucial conocer el valor de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de un suelo porque indica su capacidad para retener y intercambiar nutrientes. Además, la CIC tiene un impacto directo en la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes; las arcillas del suelo y la materia orgánica tienen el mayor impacto en CIC. La materia orgánica del suelo tiene una mayor capacidad de retención de nutrientes que las propias partículas de arcillas. Por lo tanto, la incorporación de materia orgánica en el suelo es altamente beneficiosa para aumentar la fertilidad del suelo.

#### 8.4.6. *Materia orgánica*

El término "materia orgánica" se refiere a una mezcla diversa y compleja de sustancias orgánicas. El carbono es un componente esencial de todas las sustancias orgánicas, y en promedio, representa casi la mitad de la masa de la materia orgánica del suelo. La cantidad de carbono presente en la materia orgánica de los perfiles del suelo es de cuatro a seis



veces mayor que en toda la vegetación del mundo. Por lo tanto, la materia orgánica del suelo desempeña un papel importante en el balance global del carbono, como lo demuestra lo siguiente:

El nitrógeno es un elemento esencial que contiene una variedad de compuestos esenciales para las plantas, de los cuales los más importantes son: componentes de los aminoácidos, que son las partes estructurales de las proteínas. componentes enzimas, vitaminas, hormonas y ácidos nucleicos Andrade, 2020, afirma

Potasio: es un macronutriente que las plantas absorben en gran cantidad y es necesario para su desarrollo y reproducción. También juega un papel importante en la apertura y cierre de tormentas, el control del consumo y la apertura y cierre de tormentas, absorbiendo una distancia de la transmisión de azúcar y almidón para mantener la presión de las células de las células, lo que evita que la planta se marchite (Santillan, 2021).

## 8.2. Muestreo de suelo

La etapa inicial y fundamental para la interpretación adecuada de los resultados de laboratorio es el muestreo. Este sirve para realizar un diagnóstico del estado nutrimental del suelo y recomendar la cantidad y tipo de fertilizante o mejorador que se aplicará en un terreno para un cultivo específico. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

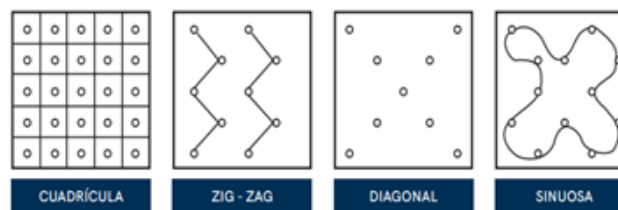
**Tabla 3. Técnica de muestreo**

<b>Paso 1. Delimitación de áreas de muestreo homogéneas</b>	<p>utilizando cartas topográficas, fotografías del suelo y del cielo, mapas de rendimientos, mapas de riesgo de inundación y otros medios.</p> <p>Historia del lote: si es para uso agrícola o ganadero, secuencia de cultivos o pasturas anteriores, rendimientos, análisis de suelo y fertilizaciones, etc.</p> <p>El tipo de relieve muestra si el relieve es plano o inclinado. La intensidad de uso del suelo y el grado de degradación diferencias en las plantas</p>
	<p><b>Número de muestras y submuestras</b></p> <p>La muestra simple se obtiene con una sola extracción de suelo y generalmente se utiliza en trabajos de investigación y/o en suelos muy homogéneos.</p>
<b>Paso 2. Tipo de muestra</b>	<p>La muestra compuesta es la muestra que se obtiene para evaluar la disponibilidad de nutrientes promedio de un lote. Varias muestras simples, también conocidas como submuestras, se extrajeron en cada área homogénea a la misma profundidad y con un volumen de suelo similar. Luego, estas muestras se combinan en un recipiente y se extrae una muestra de 0,5 a 1 kg de suelo. Esta muestra se</p>

enviará finalmente al laboratorio para su análisis. En general, el muestreo será más representativo cuanto mayor sea la cantidad de submuestras. Como resultado, los resultados obtenidos en el laboratorio serán más similares a lo que sucede en el campo. Cultivos extensivos: cada muestra compuesta puede relevar una superficie de entre 20 y 50 ha, siempre y cuando la zona sea homogénea. Se toma una submuestra cada 2-3 ha. Cultivos intensivos, como quintas, frutales y huertas, requieren una superficie de cultivo de hasta una ha o una parcela, tomando entre 10 y 30 submuestras por ha o parcela.

El muestreo se lleva a cabo una vez que se identifican las áreas homogéneas del lote o parcela.

Si el objetivo es crear mapas que muestren la aplicación variable de fertilizantes, el método de muestreo sistemático espacial (en superficie) es el más adecuado. Este método utiliza muestras simples tomadas por separado y a intervalos regulares en todas las direcciones. En este caso, se deben definir los puntos de muestreo, georeferenciarlos y luego identificar con precisión las muestras, como se muestra a continuación:



**Paso 3 extracción de las muestras y submuestras** Con barrenos: introducir la herramienta hasta la profundidad requerida y extraer las submuestras; luego, coloque las submuestras en una bolsa grande o balde limpio. Utilizando una pala, corte hasta la profundidad deseada. La primera palada debe cortarse haciendo un hoyo en forma de V con el suelo al costado. Luego haz una segunda palada de aproximadamente 3 cm de espesor, eliminando los bordes y poniendo el suelo en una bolsa o balde limpio.

**Paso 4.  
Acondicionamiento,  
conservación y  
transporte de la  
muestra**

En estos casos, es mejor colocar el suelo en la bolsa inmediatamente después de recolectar la muestra, comprimirla para que quede poco aire dentro y cerrar la bolsa tan pronto como sea posible. Para una identificación simple y unívoca, las muestras compuestas se deben mezclar, colocar en bolsas plásticas limpias (sin uso), cerrar herméticamente las bolsas y identificar con datos claros y precisos mediante un rótulo y rotular de manera clara. Para realizar determinaciones como el análisis de nitratos, es necesario conservar la muestra en refrigeración (no más de 8 a 12 °C) hasta que se entregue al laboratorio, lo cual debe hacerse en 24 a 48 horas.

---

**Paso 5. Identificación de la muestra** Para asegurarse de que se identifique correctamente la correspondencia entre las muestras y las áreas de origen, puede ser necesario proporcionar datos adicionales, como un plano con las áreas de muestreo identificadas, un breve historial de estas áreas y las muestras correspondientes a cada una. Una tarjeta con más información u observaciones también se puede usar para identificar la muestra:

---

**Fuente:** (BPA, 2020)

#### **8.3.4. Equipo de muestreo**

Los elementos y materiales que se deben utilizar para la toma de muestras son: barrenos o caladores, que permiten la toma de muestras con mayor uniformidad y rapidez; palas; balde o contenedor impermeable y limpio; bolsas de plástico resistentes y limpias (sin usar); cuchillo; cinta métrica o regla; marcador indeleble para la identificación precisa de las muestras (la humedad suele borrar las marcas), No deben tocar el suelo.

Como resultado, la Red BPA (2020) propone lo siguiente: Primero, use bolsas o contenedores limpios (sin fertilizantes ni materiales contaminantes). Limpie bien los elementos de muestreo al cambiar de potrero para evitar que el material se mueva de un lugar al otro. Los barrenos deben estar bien afilados para facilitar la extracción de muestras. Por su parte, Vega (2020) el equipo básico de muestreo incluye:

- Balde limpio
- Bolsas plásticas
- Mini azada
- Guantes
- Barreno

**Grafico 11.** *Elementos para la toma de muestras*

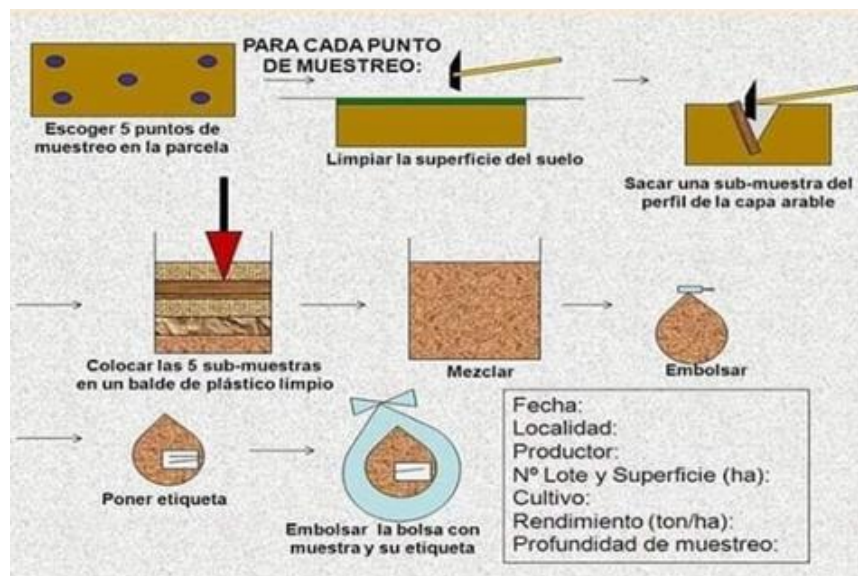


**Fuente:** (BPA, 2020)

### 8.3.5. Toma y Profundidad de muestreo

En cuanto a la toma de muestreo del suelo, es el proceso de recolección de una cantidad de suelo en un lugar y tiempo determinado para su análisis en laboratorio, se realiza en campo para fines específicos. El muestreo de suelo sirve para mejorar el suelo, así como corregir problemas de nutrición de las plantas, observar si el suelo mejora con las labores realizadas.

**Grafico 12.** *Proceso para la toma de muestra de suelo*



**Fuente:** (BPA, 2020)

Las muestras de suelo para cultivos anuales se obtienen a una profundidad de 15 a 20 cm, es decir, explorando la fertilidad de la capa arable. La profundidad de muestreo depende del tipo de cultivo. (Heras, 2022).

Para Vega (2020) la profundidad de muestreo depende del:

El objetivo del análisis, el parámetro a evaluar, el tipo de labranza, la profundidad de los horizontes (principalmente superficiales) y la profundidad de exploración que llega a las raíces. Por lo tanto, la profundidad recomendada para la mayoría de las determinaciones de parámetros que tienen menor variabilidad y movilidad en el tiempo y/o en el espacio, como materia orgánica, fósforo extractable y pH, es de 0–20 cm.

Heras (2022) afirma que en el diagnóstico de fertilización nitrogenada, debido a la movilidad de los nitratos en el suelo, se deberían tomar muestras a una profundidad de hasta 60 cm, extrayendo tres estratos de 20 cm cada uno (0-20, 20-40 y 40-60 cm) o la profundidad considerada según el método de diagnóstico utilizado. Celi (2020) recomienda muestrear hasta los 60 cm y por estratos de 0–20, 20–40 y 40–60 cm para situaciones en las que se sospecha salinidad y/o sodicidad, y se analizará conductividad eléctrica o porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Si solo se muestrea en superficie, se puede subestimar la verdadera situación del suelo porque el valor de estas variables puede aumentar a mayor profundidad, afectando la calidad del suelo y la productividad de los cultivos. Para estimar la información de agua disponible, se pueden recolectar muestras cada 30 cm o hasta 1,5 m de profundidad. La profundidad de muestreo es crucial, especialmente en suelos secos y/o duros, ya que se muestrea con frecuencia a una profundidad más baja, lo que puede resultar en una sobreestimación o subestimación del valor del parámetro controlado debido a la estratificación.

En cuanto a la toma de la muestra a una profundidad de 20 cm para cultivos transitorios y 15 cm para pastos se debe seguir el siguiente procedimiento:

**Tabla 4.** *Proceso de toma de muestra a profundidad*

<b>Proceso toma de muestra a profundidad de 20 cm y 15 cm</b>	Mezclar todas las submuestras de cada área homogénea Tomar un kilogramo de suelo seco Colocar la muestra en una bolsa de plástico
	Identificar la muestra con los siguientes datos:

---

Profundidad de muestreo  
Nombre del predio  
Localidad  
Numero de lote  
Fecha  
El suelo debe ser muestreado:  
Después de preparar el terreno para el  
ciclo agrícola siguiente  
con 1 a 2 meses de anticipación a la  
siembra  
Si el suelo es salino, se puede realizar en  
cualquier momento del año.

---

**Fuente:** (Celi, 2022)

El tipo de cultivo y el objetivo del análisis determinan la profundidad de muestreo del suelo. La profundidad de muestreo generalmente es de 2 a 20 cm, que es el área de acción de las raíces. Por lo tanto, la profundidad de muestreo puede variar según el tipo de cultivo:

**Tabla 5.** *Profundidad del muestreo por tipo de cultivo*

---

<b>Profundidad del muestreo por tipo de cultivo</b>	
Cultivos anuales:	0–20 cm
Praderas:	5–15 cm
Frutales y especies forestales:	40 cm
Pasturas:	10–15 cm

---

**Fuente:** (Celi, 2022)

### **8.3.6. Recorrido en Zig-zag**

El recorrido en zig- zag es uno de los métodos más empleados, ya que constituye un método o forma de recolección de submuestras en el campo que permite que, una vez seleccionado el lote, realizar este proceso en líneas cruzadas, caminando entre 25 y 30 pasos desde cada punto de muestreo seleccionado. Esto se hace para cada lote especificado para la recolección.

Según Velázquez (2022) se utiliza un muestreo de suelo para evaluar el estado nutricional del suelo. Este método permite sugerir la cantidad y el tipo de fertilizante o mejorador que se debe aplicar en un terreno para un cultivo específico.

**Grafico 13.** *Recorrido en zig -zag*



**Fuente:** (Santillan, 2021)

#### **8.4. Análisis de suelo**

El análisis de suelo es un instrumento de gran ayuda para evaluar o evitar los problemas de nutrientes y establecer recomendaciones de fertilización. Se destaca por ser una técnica de bajo costo, que es usado por agricultores y empresas (Molina, 2017).

El análisis de suelo tiene como objetivo determinar el grado de suficiencia o carencia de nutrientes del suelo, así como las situaciones desfavorables que pueden perjudicar los cultivos como la excesiva acidez, la cantidad de sales minerales y las sustancias químicas de los elementos. También permite determinar el grado de fertilidad del suelo para que sea productivo. Una problemática principal que plantea el análisis del suelo es saber para que se lo desea conocer, por ejemplo, en el caso de los estudios agronómicos, este es usado para conocer los nutrientes que contiene, la forma y su granulometría, etc.

Se requiere conocer este parámetro para conocer los factores mecánicos y los factores que puedan influir en él. En nuestro caso, es fundamental conocer el comportamiento del suelo frente a los agentes contaminantes, por lo que se requerirán otros datos. Así, el análisis de los suelos comprende una diversidad de técnicas de diferente relevancia en cada caso específico (Molina, 2017).

#### **8.5. Las dos funciones principales del análisis del suelo son:**

- a) Indica los niveles nutricionales del suelo y, por lo tanto, es beneficioso para la creación de un sistema de fertilización.
- b) Sirve para monitorear de manera continua los cambios en la fertilidad del suelo causados por el uso agrícola y los efectos residuales del estudio de fertilizantes. De acuerdo con las características del suelo, como su capacidad de intercambio catiónico, su pH, etc., existe una variedad de procesos metódicos para el análisis del suelo.

## **8.6. Análisis físicos de los suelos**

Los análisis físicos se realizan regularmente para evaluar los regímenes del suelo, agua y aire, área de enraizamiento y otros aspectos del régimen de nutrientes. Funciona como complemento para la evaluación de los estudios físicos, de los cuales se procede información esencial para el buen manejo del suelo (Rodríguez, 2018).

## **8.7. Análisis químicos de los suelos**

Los análisis químicos del suelo son de suma importancia ya que permiten conocer los macro y micronutrientes que se encuentran presentes en el suelo. Esta información obtenida a través de estos análisis, funciona como una base para la fertilización del suelo en determinadas situaciones. Está comprobado que estos análisis sirven como una excelente guía para un uso racional de los fertilizantes. Sin embargo, no se debe olvidar que factores como el clima que también intervienen en el desarrollo inadecuado de una planta, si no se encuentran en el grado óptimo requerido (Rodríguez, 2018).

Los análisis químicos también permiten conocer los recursos de los nutrimentos del suelo, si estos han variado en tiempo y espacio. Son elementos adicionales de gran importancia en el estudio del análisis de la productividad del suelo, y que permiten definir la capacidad de uso del suelo, investigación que es fundamental para la planificación de cultivos y las rotaciones.

El objetivo del análisis químico es conocer los lugares donde el estudio y la aplicación de nutrientes ayudarían en el aumento de la producción, por ejemplo, el estudio de nitrógeno, azufre, cobre o cloro en suelos no siempre brindará información útil para saber que nutrientes pueden ser requeridos. Por lo tanto, es razonable no evaluar nutrientes que se sabe que son bien suministrados por el suelo o cuando un cultivo no responde al suministro de fertilizantes, incluso cuando estas pruebas muestran un resultado bajo en el suelo.

## **8.8. Índice de Error**

### **8.8.1. Errores aleatorios**

Los errores causados por eventos que no se pueden controlar también se conocen como errores accidentales. Por lo tanto, un error aleatorio tiene un efecto aleatorio sobre la medición; a veces aumenta su valor y otras veces disminuye. Los errores aleatorios se determinan por el hecho de que se tomó solo una muestra  $d$  para el estudio, lo que significa que cuantas más muestras se tomen, menor será el error aleatorio (Del Puerto et al., 2006).



### 8.8.2. Errores sistemáticos

Los errores estadísticos son los que afectan de igual modo a todas las mediciones realizadas, por lo tanto, los errores sistemáticos afectan de manera sistemática las mediciones (Cochrane, s. f.)

## 9. PREGUNTA CIENTÍFICA

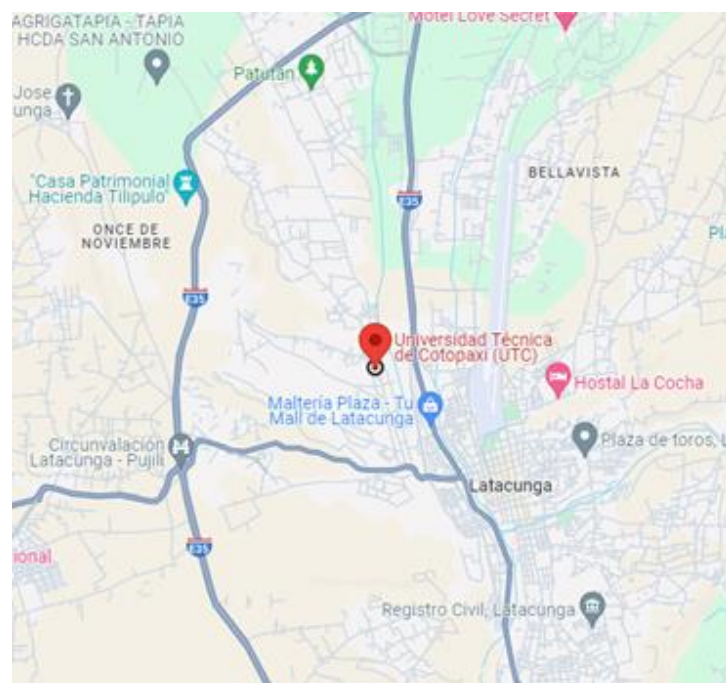
¿Se puede analizar las propiedades físico-químicas del suelo mediante técnicas básicas en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

## 10. METODOLOGÍA

### 10.1. Lugar de investigación

La investigación se desarrolla en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache en el número de lote 6 que está ubicado en la parte central del callejón interandino; limita al norte con la provincia de Pichincha, al sur con las provincias de Tungurahua y Bolívar, al oriente con Napo y al Occidente con la provincia de Los Ríos.

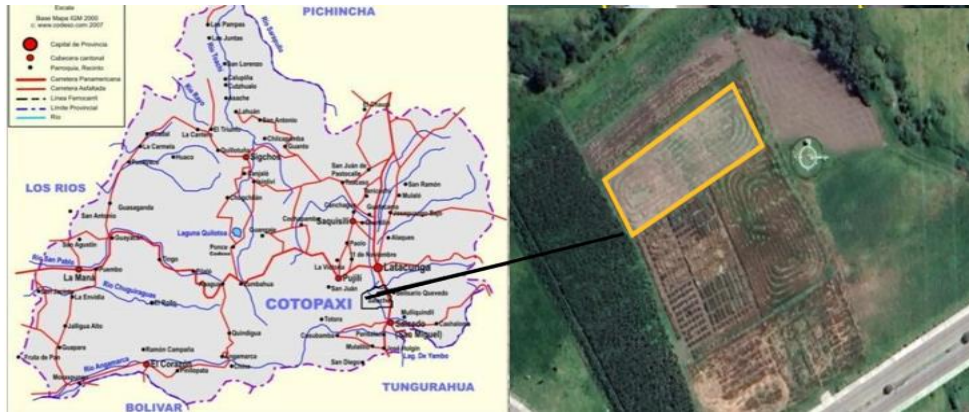
**Grafico 14.** Localización del lugar de investigación



**Fuente:** (Google Earth,2023)

### 10.2. Ubicación del área de estudio

**Grafico 15.** Ubicación del área de estudio



Fuente: (Google Earth,2023)

**Tabla 6.** Características del sitio de investigación

<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Cantón</b>	Latacunga
<b>Parroquia</b>	Eloy Alfaro (Salache)
<b>Numero de lote</b>	6
<b>Altitud</b>	-0.9997605468125065
<b>Longitud</b>	-78.6213993864328
<b>Área</b>	500m <sup>2</sup>

Fuente: (Google Earth,2023)

### 10.3. Tipos de investigación.

**Bibliográfica:** Consistió en buscar, seleccionar y evaluar información relevante sobre temas específicos, con el objetivo de obtener un conocimiento profundo.

**Descriptiva:** Procedimiento basado en detallar y explicar el objeto de estudio, centrado en el "qué" más que en el "por qué". En este orden, se describieron directamente los datos obtenidos en campo y características del proyecto de investigación.

**Analítica:** Se determinó la relación entre los parámetros analizados empleando el pensamiento crítico para evaluar y encontrar sustentar una investigación.

### 10.4. Método de investigación

**Deductivo:** Se realizó búsquedas de conceptos, guías técnicas, manuales y documentos científicos de suelos extrayendo conclusiones las cuales se examinaron para llegar a elegir una sola técnica adaptada a las condiciones del laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para cada uno de los parámetros a medir.

**10.5. Materiales y equipo de oficina**

<b>Carpetas</b>	<b>Regla</b>	<b>Computador</b>
Hojas de papel bond	Calculadora	

**10.6. Materiales y herramientas de caracterización**

GPS, Mapa (Google Earth)	Guantes	Bolsas plásticas transparentes y de color negro
Cámara	Balde limpio	Etiqueta de muestreo.
Regla fotográfica.	Marcadores	Pala

**10.7. Equipos**

Balanza analítica	pH metro.	Balanza analítica de precisión
		Desecador
Bomba al vacío	Ionómetro	
Mufla, estufa	Campana de gases	Agitador magnético

**10.8. Materiales de Laboratorio**

Crisoles de 50 ml.	Papel absorbente	Libreta de apuntes
Muestras de suelos	Matraz	Etiquetas, bandeja
Titulador, tamices.	Esferos	Papel film
Vasos de precipitación	Erlenmeyer	Vasos plásticos
Embudo	Probetas aforadas	Cronómetro
Pipeta graduada	Pinzas	Hidrómetro H152
Agua destilada	Guantes térmicos	Termómetro
Frascos de vidrio	Cuchara	Probetas de 50 ml
Frascos de 50 ml	Espátula	Probetas de 1000 ml
Varilla agitadora	Guantes térmicos	Papel aluminio.

Frasco lavador	Cofias	Bureta aforada de 50 ml
Mandil	Mascarilla	

Metodología para el primer objetivo, analizar técnicas para caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo

De acuerdo con Jiménez., et al. 2022, quienes citan a Gómez et al. 2014, manifiestan que para realizar una revisión bibliográfica se debe considerar tres fases, primera fase búsqueda de información como artículos científicos, tesis, monografías, videos, y las guías prácticas de análisis de suelos, segunda fase se encarga de organizar los documentos para lo cual se realizó una hoja de checklist donde se verifica que los materiales requeridos en cada una de las prácticas a desarrollarse existan en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la tercera fase, analizar el contenido de esta forma poder adaptar una práctica adecuada, se revisó cada método propuesto por diferentes autores, lo cual se encontró diversos ensayos que se relacionó y comparó determinó un compendio de técnicas básicas del laboratorio físicos y químicos del suelo.

Metodología para el segundo Objetivo Corroborar los parámetros físicos y químicos de suelo.

Para realizar el objetivo dos, se divide las actividades en dos fases:

### 10.9. Primera Fase, Muestreo

Se realiza la zonificación del terreno con los antecedentes del lote, se procede a realizar el muestreo que se realizó en zig-zag de seis submuestras.

**Grafico 16.** *Ubicación del área de estudio*



**Fuente:** (Google Earth,2023)

**Tabla 7** Cantidad de submuestreo

Submuestra 1	2 kilogramos
Submuestra 2	2 kilogramos
Submuestra 3	2 kilogramos
Submuestra 4	2 kilogramos
Submuestra 5	2 kilogramos
Submuestra 6	2 kilogramos

En la tabla 7 se presenta las 6 submuestras de las cuales se tomó 2 kilogramos de cada una en zig-zag del terreno estudiado (grafico 15).

**Tabla 8** Cantidad de submuestreo

Sub Muestra	Sub muestra kilogramos	Kilogramo de la muestra compuesta
1	1,75kg	0,25g
2	1,75kg	0,25g
3	1,75kg	0,25g
4	1,75kg	0,25g
5	1,75kg	0,25g
6	1,75kg	0,25g
		1,50 kg

En cuanto a la muestra enviada a realizar el respectivo análisis en el Laboratorio Experimental de Santa Catalina INIAP, se hizo una muestra incorporada de 1,50 kg como se demuestra en la tabla 8, de la cual 0,25 gramos de cada submuestra se mezclaron y se etiquetó.

Segunda Fase, análisis de corroboración en el laboratorio

Después de haber transportado cada una de las muestras al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, puestas cada una en aireación y dejando reposar la muestra 24hr, se procede a realizar cada uno de los parámetros propuestos como pH, %MO, C.E, CIC, Ca, Na, K, N, Po, Dr, Da Estructura y Textura del suelo, mediante las técnicas de la guía propuesta para el laboratorio de suelos (anexada).

## 10.4. Parámetros físicos del suelo

### 10.4.1. Estructura del suelo, método tamizado en seco

El tamizado en seco es un método de separación química que utiliza un tamiz para separar partículas sólidas de diferentes tamaños. Un tamiz es una herramienta que tiene generalmente poros de igual tamaño a lo largo de su superficie. Las partículas que tienen un tamaño mayor que el poro u orificio del tamiz permanecen en este, mientras que las partículas más pequeñas, que tienen un diámetro más pequeño que los poros, pasan libremente por la superficie.

#### Procedimiento

- Apilar los diferentes tamices de mayor a menor con un retenedor al final.
- Una vez apilados colocar la muestra de tierra en el primer tamiz.
- Agitar los tamices, en este caso se podría realizar manualmente o tamizadora durante 5 min.
- Realizar unos pequeños platos con aluminio.
- Luego vaciar cada tamiz en los platos para así obtener el peso de cada uno.

#### Interpretación de resultados

- Se determina el peso retenido en cada tamiz: (gr).
- El porcentaje parcial se determina al dividir el peso retenido en cada tamiz entre el peso total de la muestra de suelo.
- Se determina el porcentaje retenido acumulado, sumando el peso retenido parcial de cada uno de los tamices.

**Tabla 9** *Diámetros de tamices*

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

**Fuente:** (Gómez, 2013)

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

**Fuente:** (Gómez, 2013)

**Dónde:**

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

$X_i$  = diámetro medio en cada tamiz.

**Tabla 10** Interpretación de estructura del suelo

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

**Fuente:** (Gómez, 2013)

#### **10.4.1. Densidad Real, método Picnómetro Gay- Lussac**

La picnometría es un método para calcular la densidad real de una muestra en comparación con un material de referencia. Esto se puede lograr mediante la comparación de la masa de un volumen de muestra con la masa del mismo volumen del material de referencia.

Pesamos 20 g de suelo tamizado a 2 mm) y reposar la muestra 24 horas antes del procedimiento (P1). luego En el balón aforado de 100 ml con ayuda de la pipeta agregar agua destilada hasta el aforamiento (P2) después El agua destilada que se encuentra en el balón aforado, verte 60 ml a la probeta aforadas de 100 ml luego Con ayuda del embudo agregar el suelo en el balón aforado de 100 ml y a continuación verter agua destilada hasta el aforamiento (P3) y la fórmula para calcular la densidad real es la siguiente:

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

**Fuente:** (Medina-Méndez et al., 2006).

**Donde:**

**P1**= Peso del suelo

**P2**= Peso del balón más agua destilada

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

**Interpretación de resultados**

**Tabla 11** *Clasificación de la densidad real de los suelos*

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

**Fuente:** (Medina-Méndez et al., 2006).

#### **10.4.2. Densidad Aparente, método de la Probeta**

El método de la probeta utiliza suelo seco al aire, molido y tamizado con una malla de 2 mm. Luego, se coloca una masa de suelo conocido en una probeta de 100 mL y se pesa con una serie de golpes. Todas estas conclusiones se realizan ajustando la masa del suelo en función de la humedad de la muestra.

Se tomó la muestra de suelo se dejó reposar durante 24 hr, se procedió a poner en un recipiente metálico y se secó la en la estufa a 105 °. durante una hora, se enfrió en el desecador, luego se añadió el suelo en la probeta aforada de 50 ml hasta la mitad y se pesó.

- Volumen (V) de la muestra que ocupa el cilindro

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

**Fuente:** (Américo & Hossne, 2008)

**Donde:**

d=diámetro

h=altura

- Densidad aparente (Da) según la expresión

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

**Fuente:** (Américo & Hossne, 2008)

Interpretación de resultados

**Tabla 12** *Clasificación de la densidad aparente de los suelos*



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

**Fuente:** (Américo & Hossne, 2008)

### 10.4.3. Porosidad

La porosidad del suelo se refiere a la proporción de espacios vacíos o poros en relación con el volumen total del suelo. Estos poros pueden contener agua, aire o ambos. La porosidad del suelo es un factor importante para determinar su capacidad de retención y movimiento de agua, así como su capacidad para proporcionar aireación y espacio para el crecimiento de las raíces de las plantas.

La porosidad del suelo es un factor importante en la agricultura y la jardinería, ya que afecta directamente la disponibilidad de agua y aire para las plantas. Un suelo con una porosidad adecuada permite el movimiento del agua y el aire, facilitando la absorción de nutrientes por parte de las raíces de las plantas y promoviendo un buen crecimiento.

Se puede calcular indirectamente, a partir de los valores de  $D_r$  y  $D_a$

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

**Fuente:** (Cueto et al., 2008)

**Donde:**

$D_r$  = Densidad real

$D_a$  = Densidad aparente

### Interpretación de resultados

**Tabla 13** Interpretación de la Porosidad

% Porosidad ( $P_o$ )	Comportamiento
> 70	Porosidad excesiva, suelo muy esponjoso
55 – 70	Porosidad excelente

---

50 – 55	Porosidad satisfactoria para capa arable
< 50	Porosidad escasa para capa arable
40 – 25	Porosidad muy baja, problema de asfixia radicular

---

**Fuente:** (Cueto et al., 2008)

#### ***10.4.4. Determinación de textura con el método del Hidrómetro H152.***

Este método de prueba muestra el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como arena, limo y arcilla, que permanecen en suspensión durante un período de tiempo determinado, lo que nos ayuda a determinar la textura.

Procedimiento, en el vaso precipitado de 1000 ml colocar 5 g Hexametáfosfato de sodio y en una probeta aforada de 1000 ml colocar 125 ml de agua destilada luego Añadir los 125 ml de agua destilada en el vaso precipitado de los 5 g Hexametáfosfato de sodio, con ayuda de un agitador de vidrio disolver bien el Hexametáfosfato en la solución y Una vez lista la solución añadir el suelo y con un agitador hacer un mezclado uniforme por 5 minutos, dejar reposar esta solución por un periodo de 24 horas (Para que el Hexametáfosfato de sodio separe o disperse todas las partículas) luego En una probeta de 1000 ml colocar 750 ml de agua destilada y 30 g Hexametáfosfato de sodio con ayuda de un agitador de vidrio, disolver bien el Hexametáfosfato en la solución. En esta solución reposara el hidrómetro hasta el momento de su uso después En la segunda probeta aforada de 1000 ml colocar 125 ml de agua destilada y 5 g Hexametáfosfato de sodio con ayuda de un agitador de vidrio, disolver bien el Hexametáfosfato 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 luego 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 1000mL luego Utilizar papel film para sellar la boca de la probeta para realizar la respectiva agitación después El proceso de agitación se realizará de forma horizontal por 1 minuto, transcurrido este tiempo de agitación se colocará la probeta verticalmente y Tomar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución preparada con suelo luego Desde este instante con ayuda de un cronometro tomar lectura transcurrido 1,2,3,4 y 5 minutos, a su vez con un termómetro tomar la temperatura transcurrido 1,2,3,4 y 5 minutos luego Sacar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución de agua destilada con

Hexametáfosfato de sodio durante 30 minutos para limpiar partículas después Transcurrido los 30 minutos tomar el hidrómetro y colocar con cuidado dentro de la solución con suelo, con un cronometro tomar lectura transcurrido 30, 60, 120, 180, 240 minutos y a su vez con un termómetro tomar la temperatura luego de ello se realizó una hoja de Excel para saber el porcentaje arena limo y arcilla.

Interpretación de resultados

**Tabla 14** *Porcentaje de textura*

%Porcentaje	
Arena	57,4
	47,4
	43,4
	41,4
Limo	35,4
	33,4
	30
	24
Arcilla	20
	16

Con los datos obtenido se calcula el porcentaje de arena limo y arcilla presentados en la tabla 14 y se procede a interpretar en el triángulo de texturas (grafico 8), el primer valor que se debe interpretar es la arena luego arcilla y por último lima cada una siguiendo las líneas horizontales de cada textura, llegando todas a la misma área.

## 10.5. Parámetros Químicos del suelo

### 10.5.1. Capacidad de Intercambio Catiónico, método de titulación con Hidróxido de sodio (NaOH)

El proceso de titulación se utiliza para determinar el volumen de una solución que necesita reaccionar con una sustancia adicional. En este experimento, se tituló una extracción de suelo compuesto utilizando NaOH 0.5N, una disolución básica de hidróxido de sodio.

La capacidad de intercambio catiónico del suelo se determinó empleando el método de saturación con acetato de amonio. Se pesó 10 g de suelo secado a 24 horas y tamizado el

número 10, se llevaron a un matraz erlenmeyer de 200 ml, al cual se le agregaron 25 ml de acetato de amonio y se agitaron durante 15 min. Luego se filtró al vacío empleando lavados de en porciones de 25 ml de agua destilada, posteriormente se agregaron al embudo buchner en porciones de 25 ml de cloruro de sodio al 10% y se procedió a filtrar al vacío. El filtrado se dispuso en un matraz erlenmeyer de 200 ml, se agregó 10 ml de formol al 37% y se agregó 5 gotas de fenolftaleína y agitamos luego se procedió a titular con hidróxido de sodio al 0.5 N hasta que cambie a color rosado permanente finalmente se anotó el volumen consumido de NaOH 0,5 N

**La CIC en el suelo se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:**

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

**Fuente:** (Arroyo V, BertelL D, Doria D, Rocha L, 2019)

**Donde:**

**mLm:** mL de NaOH gastados en la titulación del extracto de la muestra.

**mLb:** mL de NaOH gastados en la titulación del blanco.

**N:** normalidad del NaOH.

**Pw:** humedad de la muestra de suelo.

**Pm:** peso de la muestra.

Interpretación de resultados

**Tabla 15** *Valores estimativos de la CIC.*

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

**Fuente:** (Arroyo V, BertelL D, Doria D, Rocha L, 2019) .

#### **10.4.1. pH, método pH-metro en Campo**

Espere aproximadamente media hora para usar el pH-metro. Retire el electrodo del almacenamiento. El electrodo debe pasar por agua destilada. Luego, presione el botón de calibrar y esperar que deje de parpadear una vez más. Luego, mece una solución de agua y suelo por 30 minutos. Luego, use un pH-metro y esperar que mida el pH del suelo.

## Interpretación de Resultado

**Tabla 16** Nivel de pH.

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

**Fuente:** (Corbacho, Garrido, Lorano, & Cantero).

### **10.4.2. Materia Orgánica método de Calcinación, Walkley y Black**

El método calcinación, que cuantifica la materia orgánica en base a la pérdida de peso al someter el suelo a temperaturas elevadas. La ausencia de reactivos químicos lo ha convertido en un método atractivo y amigable con el medio ambiente, por eso viene siendo probado en diferentes países.

#### **Preparación de la muestra**

Se pesó 100 gr de suelo y posteriormente tamizado a 2 mm se secó los 100 gr de suelo tamizado dentro de la estufa a 105 °C durante 24 hrs. (esto es para eliminar el agua de la muestra de suelo para asegurarnos que la pérdida de peso que sufra la muestra de suelo en la mufla, corresponda únicamente a la calcinación de la materia orgánica).

#### **Preparación de los crisoles**

Se introdujeron los crisoles de 50ml dentro de la mufla durante 2 horas a una temperatura de 430 °C.(esto es para eliminar la humedad de los crisoles). Puestos los guantes térmicos posteriormente sacar los crisoles con ayuda de las pinzas. Y poner los crisoles directo al desecador hasta que alcance una temperatura ambiente.

A continuación, se pasó a pesar el crisol en la balanza analítica de precisión y así estableciendo el peso del crisol total. Y posteriormente anotar el peso total de cada crisol. Finalmente enmarcar con ayuda de un lápiz cada crisol porque cada crisol tiene su peso.

### **Procedimiento**

En los crisoles ya eliminados la humedad se pesó 5 gr de suelo en la balanza analítica de precisión, de los 100gr de suelo tamizado y seco a 105 °C dentro de la estufa. Posteriormente, se puso los crisoles con los 5 gr de suelo dentro de la mufla a 430 °C por 16hrs. Una vez transcurrido ese tiempo, se extrajo el crisol con la muestra y se dejó en el desecador para que alcance la temperatura ambiente. Por último, se pesó de nuevo la muestra anotando el peso de la muestra a 430 °C.

Para el cálculo de materia orgánica una vez ya obtenido el valor por el método de calcinación se procedió a utilizar la fórmula.

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

**Fuente:** Recuadro de Pina & de Armas,( 2015).

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

**Fuente:** Recuadro de Pina & de Armas,(2015).

**Dónde:**

**Peso 105° C (gr)**

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

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

**Dónde:**

**Peso 430° C (gr)**

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

Interpretación de resultados

**Tabla 17** *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:** Recuadro de Pina & de Armas, (2015).

#### ***10.4.3. K, Ca Na (No3) Ph y Conductividad Eléctrica, método extracción de pasta saturada del suelo, Ibáñez Asensio***

El ensayo del extracto de pasta saturada (SPE, saturated paste extract) consiste en la extracción de una pequeña fracción de los nutrientes presentes en una muestra de suelo.

El método consiste en llevar la muestra de suelo hasta la saturación con agua destilada, por un espacio de tiempo estimado de dos horas para que alcance el equilibrio. Entonces se extrae la solución de suelo a través de una bomba de vacío, con lo extraído se puede determinar el K, Ca, Na, (No<sub>3</sub>), pH y conductividad eléctrica

Pesar la muestra de suelo 200 gr de muestra de suelo y colocar en la capsula de porcelana la muestra del suelo previamente pesada luego 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) después Se procede a tapar la mezcla con fil transparente y se procede a dejar en reposo de dos horas y 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 luego 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 luego Extraer la muestra de la botella de vidrio en una de plástico después se Proceder a colocar 3 gotas en los ionometros para poder determinar cada uno de los parámetros a medir.

Interpretación de resultados

**Tabla 18** *Niveles de nutrientes*

Nutrientes	Niveles en ppm		
	Bajo	Medio	Alto
Potasio(k)	<76	76-150	>150
Calcio (Ca)	< 41	41-140	>140
Sodio (Na)	<80	80-400	>400
Nitrógeno (N)	<500	500-4000	>4000
Conductividad Eléctrica	<500 dS/m	500-1000 dS/m	>1000 dS/m

Fuente:(INIAP, 2014)

#### 10.4.4. Índice de Error

Mediante la fórmula propuesta por (Klipe en el año 2021) se puede demostrar el índice de error existente en cada una de las prácticas y demostrar la eficiencia de cada una de ellas.

#### Formula

$$\frac{|\text{valor experimental} - \text{valor exacto}|}{|\text{valor exacto}|} \times 100$$

(Klipe, 2021)

#### Interpretación de resultados

Confiabilidad %	% error
100	0
95	5
90	10
85	15
80	20
75	25
70	30

(Mendoza & Block, s. f.)



## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Elementos del suelo	Resultados INIAP	Metodología	Resultados UTC laboratorio	Metodología	Eficiencia %	Índice de error
Ph	7,20	Suelo: Agua	8,07	Pasta saturada	88%	12%
Mo	2,75	Dicromato de Potasio	2,60	Calcinación	95%	5%
CE	No aplica		1342,50dS/m	Pasta Saturada		
CIC	No aplica		23,85	Titulación NaOH		
Na	No aplica		126ppm	Pasta Saturada		
N	34ppm	No identificada	30,60ppm	Pasta Saturada	91%	9%
K	492ppm	Olsen Modificado	443ppm	Pasta Saturada	90%	10%
Ca	2326,644ppm	Olsen Modificado	2146,67ppm	Pasta Saturada	92%	8%
Po	No aplica		79,21%	Calculado con Da y Dr		
Da	No aplica		2,917g/cm <sup>3</sup>	Probeta		
Dr	No aplica		2,14 g/cm <sup>3</sup>	Picnómetro		
Estructura del suelo	No aplica		5,08mm	Tamizado en seco		
Textura de suelo	Franco Arenoso	No identificada	Franco Arenoso	Hidrómetro H152	100%	

Al analizar los resultados del pH del laboratorio INIAP y pH de la práctica realizada, y asemejando con la tabla 16 propuesta por los autores (Corbocho, Garcia, Lorano & Cantero), reflejan que los dos entran en un nivel Ligeramente Moderado, utilizando la fórmula propuesta por el autor Klip (2021) se puede identificar que existe un índice de error de 12% en la práctica propuesta, con un porcentaje de eficiencia de la técnica de pasta saturada para pH un 88% de eficacia, según el autor (Cochrane) existe un índice de error alto por el método de extracción utilizado para cada elemento, para Tituaña(2021)

Para la materia orgánica en el laboratorio INIAP y la práctica realizada arrojan que existe un nivel medio según la tabla 17 propuesta por Piña & Armas (2015) Aplicando la formula del autor (Klip en el año 2021) se identifica que existe un índice de error de 5% en técnica de calcinación para materia orgánica, es decir un 92% de eficiencia.

En la investigación se obtuvo que la conductividad eléctrica está en un rango alta, mediante la (tabla 18) de niveles del INIAP. Según el autor Castaño (2020) indica que una conductividad alta interviene en la disponibilidad de nutrientes.

El resultado obtenido mediante la elaboración del ensayo para la Capacidad de Intercambio Catiónico arrojó nivel alto (tabla 15 de CIC) según González (2020)

En la investigación de Na está en un nivel medio, calificado por la tabla 18 de niveles del INIAP.

El resultado del elemento N del laboratorio INIAP y N de la práctica realizada arrojan que el nutriente es esta en un nivel bajo, los dos valores fueron calificados bajo la tabla 18 propuesta por el INIAP, utilizando la fórmula propuesta por el autor (Klip en el año 2021) se puede identificar que existe un índice de error de 9% en la práctica es decir un 91% de eficiencia lo cual es aceptable.

Al analizar el resultado de potasio del laboratorio del INIAP y K de la practica realiza refleja que una similito ya que los dos entran en el mismo nivel, medio. utilizando la fórmula propuesta por el autor (Klip en el año 2021) se identifica que existe un índice de error de 10% en la práctica propuesta es decir un 90% de eficiencia.

El resultado del elemento Calcio del laboratorio INIAP y la práctica realizada arrojan que el nutriente está en un nivel medio, los dos valores fueron calificados bajo la tabla 18 propuesta por el INIAP, utilizando la fórmula del autor (Klip en el año 2021) se identifica que existe un índice de error de 8% en técnica de la pasta saturada para Ca, es decir un 92% de eficiencia.

Mediante el experimento de tamizado en seco para estructura del suelo se califica en la tabla 10 propuesta por el autor Gómez (2013) como una estructura muy estable que indica que tiene las partículas del suelo separadas entre sí.

Mediante la técnica de la densidad del hidrómetro H152 y con los datos recaudados de la porosidad, densidad aparente y densidad real se puede determinar la textura del suelo, dando como resultado un suelo franco arenoso calificado por el grafico 18 y la tabla 14 de diámetros de partículas los cuales son representados en el triángulo de texturas con los siguientes resultados de arena 57,6%, limo 26.6% y arcilla 16%.

Los parámetros corroboran que en un 60% están en un rango aceptable de similitud lo que valida la confiabilidad de 90% en las técnicas básicas propuestas con un margen de error del 10%.

## **12. IMPACTOS**

### **12.1. Impacto Técnico**

Con el presente proyecto se incentiva al agricultor a ser más tecnológico, ya que puede adquirir kits de herramientas que son útiles para saber y conocer las propiedades de su parcela sin necesidad de enviar a una entidad a realizar un análisis de suelo con mayor confiabilidad y en menor tiempo, las veces que sean necesarias.

### **12.2. Impacto Ambiental**

La investigación de análisis de suelo nos ayuda a conocer el estado en que se encuentra el suelo dando así una valoración de la degradación del suelo que provocan alteraciones en el nivel de fertilidad, la erosión del suelo que provoca afectaciones a la producción del cultivo.

### **12.3. Impacto Socioeconómica**

El presente proyecto promueve al agricultor a no migrar de la zona rural a la zona urbana, los agricultores constituyen una importante aportación en la economía siendo quienes se encargan de ejercer la columna socioeconómica del mundo, cuando los agricultores consideran que el suelo ya no produce deciden emprender en otros negocios dejando abandonadas las parcelas, haciendo que los productos cultivados en el suelo suban de precio o a su vez se pierdan del mercado de alimentos, mediante la investigación se requiere erradicar el abandono de las parcelas ya que el proyecto nos indica las deficiencias del suelo y podemos realizar enmiendas para seguir produciendo.

### **13. CONCLUSIONES**

- Con la información analizada de diferentes métodos de determinación se estableció una guía de técnicas básicas de laboratorio para analizar las propiedades físico químicas del suelo como pH, CIC, Po, N , Dr, Da, C.E, Na, K, Ca, MO, textura del suelo y estructura del suelo.
- Se pudo establecer que los parámetros N, MO, Ca, P y Textura determinados con las técnicas básicas difieren con los datos del análisis externo con una media del 93% de confiabilidad.
- Se determino que las diferencias con los datos obtenidos del laboratorio externo se deben a los diferentes métodos de extracción utilizados en cada laboratorio

### **14. RECOMENDACIONES**

- ✓ Se recomienda realizar la misma investigación incluyendo datos de un tercer laboratorio certificado.
- ✓ Investigar tipos de métodos para la extracción de nutrientes.
- ✓ Evaluar técnicas de confiabilidad con otros métodos adaptados al laboratorio.

## 15. BIBLIOGRAFIA

- Andrade, L. (2020). *Zonificación del pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica y materia orgánica en la parroquia Cangahua, provincia Pichincha*. Obtenido de <https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/267>
- Avilés, L., y Mera, K. (2018). Los factores educativos en la deserción escolar. Campaña de concienciación. (Tesis de licenciatura). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de [repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/30162/1/BFILO-PMP-18P02.pdf](https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/30162/1/BFILO-PMP-18P02.pdf)
- BPA. (2020). *Recomendaciones para Muestreo de Suelos*. Obtenido de Red de Buenas Prácticas Agropecuaria: <https://redbpa.org.ar/wp-content/uploads/2021/04/EP-RedBPA-MuestreoDe-Suelos.pdf>
- Carrera, D. (2022). *Ciencia del suelo. Caracterización y Conservación en el Ecuador*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/361832056\\_Ciencia\\_del\\_suelo\\_Caracterizacion\\_y\\_Conservacion\\_en\\_el\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/361832056_Ciencia_del_suelo_Caracterizacion_y_Conservacion_en_el_Ecuador)
- Castaño, M., & González, J. (2020). *Prediction Cation Exchange Capacity (CEC) in avocado crops using*. Obtenido de [https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4736/Casta%20Maria\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4736/Casta%20Maria_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Celi, A. (2022). La contribución de la producción de chocho en el Ecuador a la soberanía alimentaria. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CELI%20HERAS%20AL%20EJANDRA%20NADIA.pdf>
- FAO. (2018). *ESTRUCTURA DEL SUELO*. Obtenido de [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s07.htm#:~:text=La%20estructura%20del%20suelo%20se,mayores%20y%20se%20denominan%20agregados%20](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm#:~:text=La%20estructura%20del%20suelo%20se,mayores%20y%20se%20denominan%20agregados%20).
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163.

- Grandes, V. (2022). “*EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CHOCHO (Lupinus mutabilis Sweet) PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA VEGETAL, EMPLEANDO DIFERENTES PROPORCIONES DE CHOCHO Y AGUA*”. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34554/1/Tesis-302%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Grandes%20Cepeda%20Victoria%20Estefania.pdf>
- Hemisferio. (2013). *FRÍJOL CHOCHO: ALTERNATIVA AGRÍCOLA PARA EL PAÍS*. Obtenido de <https://estoes.sabersinfin.com/?p=15693>
- Heras, A. (2022). La contribución del chocho ecuatoriano a la soberanía alimentaria. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CELI%20HERAS%20ALEJANDRA%20NADIA.pdf>
- IAEA. (2022). *Mejora de la fertilidad del suelo*. Obtenido de <https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo#:~:text=La%20fertilidad%20del%20suelo%20es,inorg%C3%A1nicos%20que%20nutran%20el%20suelo>.
- IBERDROLA. (2022). La contaminación del suelo, sus efectos en el futuro y las medidas que podemos tomar para disminuirla. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-suelo-causas-efectos-soluciones#:~:text=Fen%C3%B3menos%20como%20la%20erosi%C3%B3n%20de%20la,del%20deterioro%20actual%20del%20suelo>
- INIAP. (2014). *Chocho*. Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mgranos/rchocho#:~:text=Condiciones%20agroecol%C3%B3gicas%3A&text=Temperatura%3A%3A%207%20a%2014,%3A%20Francos%3A%20arenoso%2C%20limoso>.
- INTAGRI. (2020). *Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo#:~:text=El%20rango%20de%20pH%20del,va%20de%205.5%20a%207.0>.
- Klipe, V. (2021). Porcentaje de Error. Obtenido de [https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica\\_Introductoria%2C\\_Conceptual\\_y\\_GOB/Qu%C3%ADmica\\_Introductoria\\_\(CK-](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Introductoria%2C_Conceptual_y_GOB/Qu%C3%ADmica_Introductoria_(CK-)



- Tituaña, O. (2021). ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP DURANTE EL PERIODO 2020-2021 Se obtuvo de la siguiente fuente:  
<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10453/1/PC-002570.pdf>
- Toapanta, A. (2023). “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DELCHOCHO, QUINUA Y CHACHAFRUTO, Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PAN”. Obtenido de  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/18799/1/27T00586.pdf>
- Mendoza, T. y Block, D. El porcentaje es el lugar donde las razones, las fracciones y los decimales se encuentran en las matemáticas escolares.
- Ubillús, M. (2021). “COMPONENTES MORFOAGRONÓMICOS, RENDIMIENTO DE GRANO SECO Y GRANO DESAMARGADO DE VARIEDADES Y. Obtenido de  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5178/ubillus-trinidad-melanie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, B., Escobar, Y., Rodríguez, R., & Mauro, Y. (2020). *Propiedades químicas del suelo en cuatro fincas de la agricultura suburbana en Santiago de Cuba*. Obtenido de  
[https://www.researchgate.net/publication/350451816\\_Propiedades\\_quimicas\\_del\\_suelo\\_en\\_cuatro\\_fincas\\_de\\_la\\_agricultura\\_suburbana\\_en\\_Santiago\\_de\\_Cuba](https://www.researchgate.net/publication/350451816_Propiedades_quimicas_del_suelo_en_cuatro_fincas_de_la_agricultura_suburbana_en_Santiago_de_Cuba)
- Velázquez, R. (2022). *Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9052304.pdf>
- Villavicencio, B. (2022). Caracterización físico-química del suelo en cultivos comunitarios de ciclo corto, Corazón de Jesús. Obtenido de  
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10246/1/Delli%20B%2C%20%282022%29%20Caracterizaci%C3%B3n%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmica%20del%20suelo%20en%20cultivos%20de%20ciclo%20corto%20comunidad%2C%20Coraz%C3%B3n%20de%20Jes%C3%BA..pdf>
- Agro. (2019). POROSIDAD Y AIREACIÓN. APUNTE DE EDAFOLOGÍA DENSIDAD REAL Y APARENTE. Obtenidode[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod\\_resource/content/1/POROSIDAD%20Y%20AIREACION%2026-3-19.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod_resource/content/1/POROSIDAD%20Y%20AIREACION%2026-3-19.pdf)



Agroproductores. (2023). Influencia del pH en la absorción de nutrientes en las plantas [Fotografía]. Obtenido de Agroproductores: <https://agroproductores.com/disponibilidad-nutrientes-segun-ph/>

Ciancaglini, N. (2020). Guía para la determinación de textura de suelos.

Agro. (2019). POROSIDAD Y AIREACIÓN. *APUNTE DE EDAFOLOGÍA DENSIDAD REAL Y APARENTE*.

Los productores agrícolas. (2023). El pH afecta la absorción de nutrientes de las plantas [Foto]. Se ha obtenido de Agro productores de la siguiente información: [https://agroproductores.com/disponibilidad-nutrientes-segun-ph.](https://agroproductores.com/disponibilidad-nutrientes-segun-ph/)

Américo y Hossne (2008). La densidad visible y sus efectos agrícolas en el proceso de expansión y contracción del suelo

Corbacho, A., Garrido, J., Lorano, S., & Cantero, J. (s.f.). *Análisis de suelo*. Almería.

Gómez, J. C. (2013). *Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos*. TOLIMA.

Labprocess. (2022). *Guía del proceso de calibración de pHmetro*. Obtenido de Labprocess: <https://www.labprocess.es/guia-del-proceso-de-calibracion-de-phmetro>

West Analítica y Servicios. (2012). *EL pH DEL SUELO*. Obtenido de West Analítica y Servicios: <https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1VN8C6880-H204ZP-3VH4/EL-pH-DEL-SUELO.-CONCEPTOS-FUNDAMENTALES.pdf>

Cochrane, A. (s. f.). Ciertamente, se puede hacer una gran crítica a la profesión médica, por no haber organizado un resumen crítico por especialidad o subespecialidad, actualizando periódicamente, todos los ensayos clínicos controlados que sean relevantes (1).

El Puerto, Minnaard y Seminará (2006). El análisis de errores es una fuente útil de información sobre el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38(4), páginas 1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.35362/rie3842646LEXTN-Lozano-142985-PUBCOM.pdf>. (s. f.).

Mendoza, T., & Block, D. (s. f.). El porcentaje: Lugar de encuentro de las razones, fracciones y decimales en las matemáticas escolares.

Urriola, L. (2020). ¿Por qué deberíamos investigar las características físicas del suelo? ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo? No. 1, 23-26.

Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163.

Jiménez, Marín, Jácome, López y Larrea (2022). INDICADORES PARA EVALUAR LA SUSTENTABILIDAD DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LECHE DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI La revista Recursos Naturales, Producción y Sostenibilidad, número 1, páginas 50-60.

Molina, E. (2017). Análisis de suelos y su interpretación. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas . Obtenido de [http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SU ELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf](http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SU_ELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf)

Rodriguez Avilés, J. (28 de Enero de 2018). Calidad del suelo empleado con fines agrícolas en el valle de Joa, cantón Jipijapa. Proyecto de Investigación, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera de Medio Ambiente, Jipijapa. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1050>

Valencia, R.; Cerón C.; Palacios, W. & R. Sierra. 1999. Formaciones Vegetales de la Sierra del Ecuador. En: Sierra R. (Ed.). 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, EC.