



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA DE AGRONOMÍA

#### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO  
DEL SUELO DE UN LOTE DE LA COMUNIDAD MACA CHICO  
MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL  
LABORATORIO DE SUELOS AÑO 2023”**

---

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

**Autor:**

Caisaguano Vega Adriana Maribel

**Tutora:**

Marín Quevedo Karina Paola

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Febrero 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Caisaguano Vega Adriana Maribel, con cédula de ciudadanía No. 1752501815, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO DE UN LOTE DE LA COMUNIDAD MACA CHICO MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS AÑO 2023”**, siendo la Ingeniera Mg. Karina Paola Marín Quevedo, Tutora 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, 15 de febrero del 2024



Adriana Maribel Caisaguano Vega

C.C: 1752501815

**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 **CAISAGUANO VEGA ADRIANA MARIBEL**, identificada con cédula de ciudadanía **1752501815** 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-QUÍMICO DEL SUELO DE UN LOTE DE LA COMUNIDAD MACA CHICO MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS AÑO 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. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

Tema: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO DE UN LOTE DE LA COMUNIDAD MACA CHICO MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS AÑO 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.

- a) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- b) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- c) 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 15 días del mes de febrero del 2024.

Adriana Maribel Caisaguano Vega

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO DE UN LOTE DE LA COMUNIDAD MACA CHICO MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS AÑO 2023”**, de Caisaguano Vega Adriana Maribel, 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, 15 de febrero del 2024

Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

C.C: 0502672934

**DOCENTE TUTORA**

## 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: Caisaguano Vega Adriana Maribel, con el título de Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO DE UN LOTE DE LA COMUNIDAD MACA CHICO MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS AÑO 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, 15 de febrero del 2024



Ing. Clever Castillo De La Guerra, MSc.  
C.C. 0501715494

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Alexandra Tapia Borja, Mg.  
C.C: 0502661754

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Ing. Wilman Chasi Vizuete, Mg.  
C.C: 0502409725

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

### **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por su fidelidad, salud y amor en todo este trayecto de mi vida, por ser mi guía infaltable, a mi familia por su apoyo incondicional durante este trayecto pues han hecho de mí una persona quien puede cumplir cada sueño y llegar a obtener grandes cosas. Expreso mi profundo agradecimiento a todas las autoridades, docentes y personal que conforman la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la carrera de Agronomía por su profesionalismo, ética y confianza en el transcurso de mi caminar académico.*

*Adriana Maribel Caisaguano Vega*

### **DEDICATORIA**

*Este proyecto que me lleva a culminar y a conseguir un logro más en mi vida tanto personal como profesional queda en dedicatoria a todas las personas que confiaron en mí, y no dejaron que desmayara, pues sus palabras de aliento hoy en día me impulsan a seguir adelante con propósitos mayores.*

*A mis padres Humberto Caisaguano y María Delfina Vega, por su apoyo incondicional, amor y confianza desde el primer paso que di en esta dichosa Universidad que hoy en día me lleva a dar pasos fuertes y firmes, pues tuve el agrado de educarme profesionalmente y así conocer y convivir con personas extraordinarias.*

*A mis hermanos Blanca, Nancy y Cristian quienes con cada palabra me motivaban a seguir adelante, pues creyeron que cada piedra en el camino sería un reto el cual podría cruzar sin problema y hoy en día a puertas de conseguir un logro más puedo ver dichos resultados, gracias por todo.*

***Adriana Maribel Caisaguano Vega***



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

**TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICO DEL  
SUELO DE UN LOTE DE LA COMUNIDAD MACA CHICO MEDIANTE EL USO DE  
TÉCNICAS BÁSICAS DEL LABORATORIO DE SUELOS AÑO 2023”**

**Autor:** Caisaguano Vega Adriana Maribel

**RESUMEN**

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de suelos de la carrera de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el objetivo de determinar las propiedades físicas y químicas de un suelo de cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la parroquia San José de Poaló, comunidad Maca Chico, se utilizó varias metodologías que fueron ajustadas al laboratorio de suelos, se tomó muestras de suelo y se analizó la estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad, textura, pH, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico, para la comparación y determinación del porcentaje de error se envió una muestra de suelo al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Los resultados obtenidos de las características físico-químico del suelo en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), muestran un pH de 7,91 (alcalino), estructura 1,123 mm (ligeramente estable), densidad real 2,13 g/cm<sup>3</sup> (bajo), densidad aparente 1,33 g/cm<sup>3</sup> (medio), porosidad 38,48% (baja), suelo franco arenoso, materia orgánica 2,26 % (medio), Na 96,5 ppm (bajo), K 83 ppm (medio), Ca 1884,5 ppm (alto), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 303 ppm (alto), conductividad eléctrica 981 dSm-1 (medio) y capacidad de intercambio catiónico 17,83 meq/100g (medio), se concluye que mediante los resultados del análisis de suelo enviados del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y los resultados obtenidos en el laboratorio de suelo de la Universidad Técnica de Cotopaxi se obtuvieron resultados similares y confiables, por lo tanto se establece una guía de prácticas básicas físico-químico para determinar análisis de suelo en el laboratorio de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Palabras clave:** Suelo, laboratorio, textura, densidad aparente, densidad real, pH, materia orgánica.

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

**TOPIC** "DETERMINATION OF THE PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL OF A PLOT IN THE MACA CHICO COMMUNITY USING BASIC SOIL LABORATORY TECHNIQUES YEAR 2023".

**Author:** Caisaguano Vega Adriana Maribel

**ABSTRACT**

The present investigation was carried out in the Soil Laboratory of the Agronomy course, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Technical University of Cotopaxi, with the objective of determining the physical and chemical properties of a potato (*Solanum tuberosum*) cultivation soil in the parish of San José de Poaló, Maca Chico community, Several methodologies were used that were adjusted to the soil laboratory, soil samples were taken and analyzed for structure, real density, bulk density, porosity, texture, pH, organic matter, nutrients and cation exchange capacity. For comparison and determination of the percentage of error, a soil sample was sent to the National Institute of Agricultural Research (INIAP). The results obtained from the physical-chemical characteristics of the soil in the laboratory of the Technical University of Cotopaxi (UTC), show a pH of 7.91 (alkaline), structure 1.123 mm (slightly stable), real density 2.13 g/cm<sup>3</sup> (low), apparent density 1.33 g/cm<sup>3</sup> (medium), porosity 38.48% (low), sandy loam soil, organic matter 2,26 % (medium), Na 96.5 ppm (low), K 83 ppm (medium), Ca 1884,5 ppm (high), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 303 ppm (high), electrical conductivity 981 dSm<sup>-1</sup> (medium) and cation exchange capacity 17, 83 meq/100g (medium), it is concluded that by means of the results of the soil analysis sent by the National Institute of Agricultural Research (INIAP) and the results obtained in the soil laboratory of the Technical University of Cotopaxi similar and reliable results were obtained, therefore a guide of basic physical-chemical practices is established to determine soil analysis in the laboratory of the Agronomy course of the Technical University of Cotopaxi.

**KEYWORDS:** Soil, Laboratory, Texture, Bulk density, Real density, pH, Organic matter.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	vii
<i>DEDICATORIA</i> .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
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 .....	4
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo General.....	5
6.2. Objetivos Específicos .....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
8.1. Suelo .....	8

8.2. Muestreo de suelo .....	8
8.3. Profundidad de muestreo .....	8
8.4. Tipos de muestreo .....	9
8.4.1. Recorrido en cuadrícula .....	9
8.4.2. Recorrido en zig-zag .....	9
8.4.3. Recorrido en X .....	10
8.4.4. Recorrido aleatorio simple .....	11
8.4.5. Recorrido aleatorio estratificado .....	11
8.5. Propiedades físicas y químicas del suelo .....	12
8.5.1. Propiedades físicas del suelo .....	12
8.5.1.1. Estructura .....	12
8.5.1.2. Densidad Real .....	12
8.5.1.3. Densidad Aparente .....	13
8.5.1.4. Porosidad .....	13
8.5.1.5. Textura .....	13
8.5.2. Propiedades químicas del suelo .....	14
8.5.2.1. pH .....	14
8.5.2.2. Capacidad de intercambio catiónico .....	15
8.5.2.3. Materia orgánica .....	15
8.5.2.4. Nutrientes .....	16
8.6. Cultivo de la papa ( <i>solanum tuberosum</i> ) .....	16
8.6.1. Clasificación taxonómica .....	17
8.6.2. Requerimiento del cultivo .....	18
8.7. Error en prácticas de laboratorio .....	18
9. PREGUNTA CIENTÍFICA .....	18
10. METODOLOGÍA .....	19
10.1. Ubicación del área de estudio .....	19
10.2. Fases de investigación .....	20
10.2.1. Bibliográfica .....	20
10.2.2. Campo .....	20
10.2.2.1. Materiales y herramientas .....	20
10.2.2.2. Ficha de levantamiento de información .....	21

10.2.2.3. Muestreo .....	21
10.1.3. Laboratorio .....	23
10.1.3.1. Tratamiento de la muestra en el laboratorio .....	23
10.1.3.2. Equipos, materiales y reactivos .....	23
10.1.3.3. Determinación del pH.....	25
10.1.3.3.1. Procedimiento .....	25
10.1.3.3. Determinación de Estructura .....	26
10.1.3.3.1. Procedimiento .....	26
10.1.3.3.2. Fórmula .....	27
10.1.3.4. Determinación de Densidad Real (Dr) .....	28
10.1.3.4.1. Procedimiento .....	28
10.1.3.4.2. Fórmula .....	28
10.1.3.5. Determinación de Densidad Aparente (Da).....	29
10.1.3.5.1. Procedimiento .....	29
10.1.3.5.2. Fórmula .....	30
10.1.3.6. Determinación de la Porosidad.....	30
10.1.3.6.1. Procedimiento .....	30
10.1.3.6.2. Fórmula .....	31
10.1.3.7. Determinación de Textura .....	31
10.1.3.7.1. Procedimiento .....	31
10.1.3.8. Determinación de Materia orgánica .....	34
10.1.3.8.1. Procedimiento .....	34
10.1.3.8.2. Fórmula .....	34
10.1.3.9. Determinación de Nutrientes .....	35
10.1.3.9.1. Procedimiento .....	35
10.1.3.10. Determinación de la Capacidad de intercambio catiónico (CIC) .....	36
10.1.3.10.1. Procedimiento .....	36
10.1.3.10.2. Fórmula .....	37
10.4. Porcentaje de error .....	38
10.4.1. Fórmula .....	38
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
11.1 Guía.....	39

11.2 Interpretación de parámetros físico-químico del suelo.....	40
11.3. Resultados de los análisis de suelo .....	48
12. CONCLUSIONES.....	50
13. RECOMENDACIONES .....	50
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
15. ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Recorrido en cuadrícula.....	9
<b>Gráfico 2.</b> Recorrido en zig-zag.....	10
<b>Gráfico 3.</b> Recorrido en X .....	10
<b>Gráfico 4.</b> Recorrido aleatorio simple .....	11
<b>Gráfico 5.</b> Recorrido aleatorio estratificado .....	11
<b>Gráfico 6.</b> Zonas de producción de papa en el Ecuador .....	17
<b>Gráfico 7.</b> Sitio de la investigación.....	19
<b>Gráfico 8.</b> Recorrido en zig-zag.....	22
<b>Gráfico 9.</b> Recolección de muestras .....	22
<b>Gráfico 10.</b> Suelo a temperatura ambiente .....	23
<b>Gráfico 11.</b> pH .....	25
<b>Gráfico 12.</b> Escala del pH.....	25
<b>Gráfico 13.</b> Estructura.....	27
<b>Gráfico 14.</b> Densidad real .....	28
<b>Gráfico 15.</b> Densidad aparente .....	29
<b>Gráfico 16.</b> Densidad con el Hidrómetro H152.....	32
<b>Gráfico 17.</b> Triángulo de textura .....	33
<b>Gráfico 18.</b> Materia orgánica.....	34
<b>Gráfico 19.</b> Extracción de pasta saturada .....	35
<b>Gráfico 20.</b> Práctica de Capacidad de Intercambio Catiónico.....	37
<b>Gráfico 21.</b> Portada de la Guía .....	39
<b>Gráfico 22.</b> Contenido de la Guía.....	39

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Ficha técnica del lugar .....	21
<b>Ilustración 2.</b> Hoja de cálculo .....	33
<b>Ilustración 3.</b> Curva granulométrica corregida .....	33
<b>Ilustración 4.</b> Resultados de textura .....	44
<b>Ilustración 5.</b> Análisis del laboratorio INIAP .....	48
<b>Ilustración 6.</b> Análisis del laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades en relación a los objetivos .....	6
<b>Tabla 2.</b> Clasificación taxonómica de ( <i>Solanum tuberosum</i> ) .....	17
<b>Tabla 3.</b> Requerimientos del cultivo ( <i>Solanum tuberosum</i> ) .....	18
<b>Tabla 4.</b> Características del sitio de investigación .....	19
<b>Tabla 5.</b> Interpretación de resultados del pH .....	26
<b>Tabla 6.</b> Calificación del diámetro medio ponderado .....	27
<b>Tabla 7.</b> Interpretación de Densidad real .....	29
<b>Tabla 8.</b> Interpretación de Densidad aparente .....	30
<b>Tabla 9.</b> Interpretación de Porosidad .....	31
<b>Tabla 10.</b> Diámetro de las partículas (mm) .....	32
<b>Tabla 11.</b> Interpretación de Materia orgánica .....	35
<b>Tabla 12.</b> Interpretación de Nutrientes en ppm .....	36
<b>Tabla 13.</b> Interpretación de CIC .....	37
<b>Tabla 14.</b> Interpretación de confiabilidad .....	38
<b>Tabla 15.</b> Resultados del pH .....	40
<b>Tabla 16.</b> Resultados DMP (mm) .....	41
<b>Tabla 17.</b> Resultados del volumen de Densidad real .....	41



<b>Tabla 18.</b> Resultados de Densidad real.....	42
<b>Tabla 19.</b> Resultados de volumen de Da .....	42
<b>Tabla 20.</b> Resultados de Densidad aparente .....	43
<b>Tabla 21.</b> Resultados de Porosidad.....	43
<b>Tabla 22.</b> Crisol y suelo.....	45
<b>Tabla 23.</b> Resultados de Materia orgánica.....	45
<b>Tabla 24.</b> Resultados de los Nutrientes ppm .....	46
<b>Tabla 25.</b> Resultados de humedad .....	46
<b>Tabla 26.</b> Resultados de Capacidad de intercambio catiónico .....	47
<b>Tabla 27.</b> Resultado del laboratorio INIAP y del laboratorio de la UTC .....	49
<b>Tabla 28.</b> Resultados del porcentaje de error.....	49

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto:**

“Determinación de las propiedades físico-químico del suelo de un lote de la comunidad Maca Chico mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio de suelos año 2023”.

### **Fecha de inicio:**

Abril 2023

### **Fecha de finalización:**

Marzo 2024

### **Lugar de ejecución:**

Maca Chico

### **Facultad que auspicia:**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

### **Equipo de Trabajo:**

Responsable del proyecto: Caisaguano Vega Adriana Maribel

Tutor: Ing. Mg. Karina Paola Marín Quevedo

Lector 1: Ing. MSc. Clever Gilberto Castillo De La Guerra

Lector 2: Ing. Mg. Alexandra Isabel Tapia Borja

Lector 3: Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete

### **Coordinador del Proyecto:**

Nombre: Caisaguano Vega Adriana Maribel

Teléfono: 0980953090

Correo electrónico: [adriana.caisaguano1815@utc.edu.ec](mailto:adriana.caisaguano1815@utc.edu.ec)

**Área de Conocimiento:**

Agricultura - Agricultura, Silvicultura y Pesca - Producción Agropecuaria

**1.1. Línea de investigación****1.2 Línea 1:**

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

**Sub Líneas de investigación de la Carrera:**

a. Agua y suelo.

**1.3. Línea de vinculación:**

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

**2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente trabajo de investigación está anclado al proyecto Fortalecimiento de las competencias docentes y de extensión agraria Universidad Técnica de Cotopaxi (Ecuador) a través de la potencialización analítica de sus laboratorios de suelo y agua junto con la Universidad de Almería (España) que busca fortalecer la capacidad profesional de prácticas básicas del laboratorio de suelos, tanto en docentes como estudiantes.

Esta investigación se enfoca en la caracterización físico-químico del suelo, es fundamental la caracterización del suelo ya que, al realizar la debida caracterización, conoceremos la textura, materia orgánica, densidad, pH, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico que posee esta. La previa investigación se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el fin es establecer una guía de prácticas básicas físico-químico para determinar análisis de suelo acoplado al laboratorio de suelos de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi para proporcionar información y a su vez que sirva de base para nuevas investigaciones para docentes, estudiantes y agricultores en general (Y. García, 2012).

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El suelo es un elemento natural dinámico y vivo, a su vez es un elemento frágil del medio ambiente, un recurso natural no renovable puesto que su velocidad de formación y regeneración es muy lenta mientras que los procesos que contribuyen a su degradación son mucho más rápidos (Rojas & Ibarra, s. f.).

Los suelos han sido estudiados desde hace muchos años y hoy se sabe que existen factores que dañan y amenazan su existencia como la erosión, el exceso de químicos, la salinización, la acidificación y el monocultivo; por lo cual las características físico- químico del suelo son de gran importancia ya que mediante su debida caracterización se puede determinar cuál es el uso y manejo que debería otorgarse (Leyva R. et al., 2018).

Las características físicas determinan en gran medida el buen desarrollo de las plantas, pero rara vez se les tiene en cuenta, generalmente solo se consideran las propiedades químicas. En realidad, debe haber una interacción dinámica entre las propiedades físicas y químicas del suelo para encontrar el ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas (Martín et al., 2018). En la provincia de Cotopaxi no existe un servicio de laboratorio de análisis de suelos donde los agricultores puedan enviar sus muestras.

Con el presente trabajo de investigación se pretende poner en manos de los estudiantes, docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Agronómica y productores, una guía de laboratorio de la caracterización físico-químico del suelo, que les permita conocer todas las características en las que se encuentra el suelo y así saber si el cultivo es apto, cabe recalcar que todo suelo debido a su ubicación, posee características diferentes.

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

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

Familias de la comunidad Maca Chico.

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

Productores de la provincia de Cotopaxi, docentes y 369 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Agronómica.

### **5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El 33% de los suelos del mundo se están degradando rápidamente debido a la erosión, el agotamiento de nutrientes, la pérdida de carbono orgánico, la compactación del suelo, uso excesivo de químicos y otras amenazas (FAO, 2015).

Actualmente se presentan un incremento en las pérdidas de la producción agrícola por la degradación, la disminución del contenido en materia orgánica, deterioro de la estructura, disminución de la permeabilidad y de la capacidad de retención de agua o pérdida de suelo por erosión, pérdida de nutrientes, acidificación y salinización, todo esto provocada por procesos naturales o antrópicos (acción humana). Por ello es de suma importancia conocer las características en las que se encuentra el suelo (Calderón-Medina et al., 2018).

En Ecuador aproximadamente el 50% de los suelos están en proceso de degradación, el Ecuador ha sido y sigue siendo afectado por el mal manejo del suelo, el desconocimiento de las características del suelo, como factor primordial dentro de la producción agrícola durante años ha generado un cambio negativo tanto en lo físico-químico y esto conlleva a la preocupación de todos quienes estamos involucrados con este recurso (ONU, 2020).

Las provincias que presentan mayores problemas de degradación y erosión son Manabí, El Oro, Imbabura, Loja, Guayas y Cotopaxi, la provincia de Cotopaxi es la más afectada debido a la intervención humana, así como también factores climáticos (Montatixe Sánchez & Eche Enriquez, 2021).

En la provincia de Cotopaxi se estima que el 43% del suelo cultivable se encuentra erosionado o en proceso de erosión por el desconocimiento del estado en que el suelo se encuentra, un suelo tiene la capacidad de aceptar, almacenar y reciclar agua, nutrientes y energía para la producción agrícola, sin embargo, debido a la sobreexplotación y productos químicos pierde la fertilidad y por ende conocer las características físico-químico del suelo es de gran importancia para mantener una buena producción y productividad (Nieto C. et al., 2017). No existe un laboratorio de análisis de

suelos en la provincia de Cotopaxi, para realizar un análisis de suelo se debe enviar a otra provincia, causando retraso en la entrega de resultados y a su vez son costosos.

Ante esta problemática se suma la inexistencia de políticas públicas que velen por el cuidado y recuperación de suelos por lo cual las Universidades son llamadas para generar propuestas para un mejor manejo y cuidado, a su vez concientizar que el suelo es un recurso muy importante para nuestra existencia.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo General**

- Determinar las propiedades físico-químico del suelo mediante el uso de técnicas básicas de laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **6.2. Objetivos Específicos**

- Establecer un compendio de técnicas básicas del laboratorio para analizar propiedades físico-químico del suelo.
- Corroborar las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el compendio de metodologías ajustadas por la Universidad Técnica de Cotopaxi.

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

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

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

<b>OBJETIVO 2</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>
Corroborar las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el compendio de metodologías ajustadas por la Universidad Técnica de Cotopaxi.	Zonificación del terreno, y elaboración de la ficha de información requerida para la toma de muestras de suelo.	Información detallada del lote con antecedentes de cultivo, manejo agronómico, grado de pendiente, ubicación.	Mapa del terreno. Ficha de levantamiento de información y muestras.
	Recolección de muestras de suelo para la caracterización.	Seis submuestras de suelo tomadas en zig-zag del lote estudiado para el análisis en el laboratorio UTC.	Fotografías, muestras y libreta de campo.
		Seis submuestras para formar la muestra de suelo, tomadas en zig-zag del lote estudiado para el análisis en el laboratorio INIAP.	Resultados de análisis de suelo laboratorio INIAP
	Ejecución de las Propiedades físicas: estructura, densidades, porosidad y textura. Propiedades químicas: pH, 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, materia orgánica, nutrientes y capacidad de intercambio catiónico.	Tabla de interpretación de caracterización del suelo.  Cuadros estadísticos de los parámetro encontrados.

**Elaborado por:** (Caisaguano, 2023)



## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Suelo**

El suelo es la mayor superficie de la corteza terrestre y está formada principalmente por los procesos de la erosión, restos rocosos y otros cambios físicos-químicos, así como por la actividad biológica de la materia orgánica en la superficie, es un recurso esencial que permite que las plantas, los animales y los humanos prosperen (Zinck, s. f.).

La agricultura está directamente relacionada con el suelo, el suelo sostiene a la planta y proporciona nutrientes necesarios para un crecimiento adecuado, por lo cual es de gran importancia conocer las características en las que el suelo se encuentra (Estrada & Ramírez, 2013).

Mediante la caracterización del suelo podemos conocer en qué estado se encuentra, y así dar los requerimientos que el suelo necesita para lograr una agricultura sustentable (Zinck, s. f.).

### **8.2. Muestreo de suelo**

La muestra de suelo se define como una cantidad de suelo formada por varias partes iguales (submuestras) obtenidas de diferentes puntos del área a analizar y mezclar uniformemente. Se sabe que los suelos son heterogéneos porque los factores que los moldean varían de un lugar a otro, dándoles diferentes características que deben tenerse en cuenta a la hora de tomar muestras (Bernier & Undurraga, 2020).

El muestreo es la fase inicial y fundamental para la interpretación completa de los resultados obtenidos en el laboratorio.

### **8.3. Profundidad de muestreo**

La profundidad de las muestras depende del tipo de cultivo. Se toman muestra para cultivos anuales a una profundidad de 15 a 20 centímetro para estudiar la fertilidad de la capa cultivada. La profundidad del sitio de muestra de pastos no debe ser mayor de 0 a 10 centímetros, ya que a esta profundidad se registra la mayor densidad y actividad de raíces (Bernier & Undurraga, 2020).

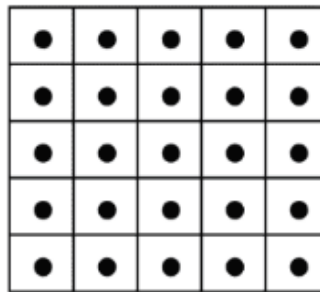
## 8.4. Tipos de muestreo

La visita de campo para muestreo de caracterización del suelo pueden ser aleatorias, simples, aleatorias estratificadas, en cuadrícula, la forma de X y en zig-zag. Las formas en zig-zag y X son la más utilizadas, porque es práctico y fácil de usar (Bernier & Undurraga, 2020).

### 8.4.1. Recorrido en cuadrícula

Este método consiste en dividir cada pieza muestreada en cuadros iguales, recolectar muestras en cada cuadrado y luego mezclarlas. Este método no se usa mucho en el campo porque las propiedades del suelo cambian en distancias cortas, los lotes deben limitarse adecuadamente y esta figura muestra un ejemplo hipotético. Se recomienda utilizarlos en pequeñas huertas con suelo muy homogéneo (Bernier & Undurraga, 2020).

**Gráfico 1.** Recorrido en cuadrícula



**Fuente:** (Schweizer, 2011)

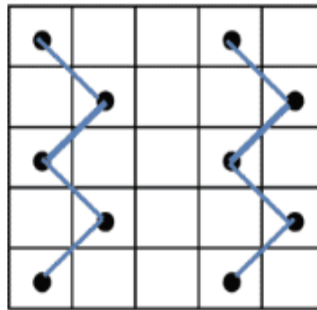
### 8.4.2. Recorrido en zig-zag

Este tipo de muestreo puede considerarse una combinación de muestreo sistemático y aleatorio, donde la característica principal es que alterna entre un lado y el otro del espacio muestral. Es ampliamente utilizado por los agricultores (Bernier & Undurraga, 2020).

Este patrón en zig-zag consta de líneas que se cruzan aproximadamente 25 a 30 pasos de cada punto seleccionado, este proceso se hace en cada terreno. Se recogen submuestras y luego se

incorporan para obtener que cada muestra sea representativa y más verídica, este procedimiento es adecuado para terrenos muy homogéneos y nivelados, lo cual es común en cultivos anuales, gramíneas y semiperennes (Bernier & Undurraga, 2020).

**Gráfico 2.** Recorrido en zig.zag

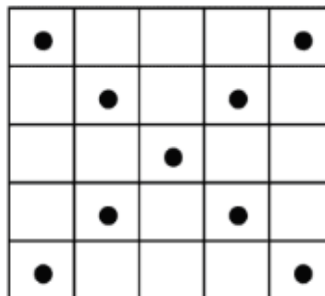


**Fuente:** (Schweizer, 2011)

#### 8.4.3. Recorrido en X

Este método es sencillo y adecuado para zonas bastante plana, esto implica un muestreo en forma de X de cada parcela. Lo cual consiste en colocarnos en un extremo (esquina) del lote designado y en el otro extremo de tal manera con los otros dos extremos (esquinas) hasta completar el muestreo de campo. El submuestreo se realiza en X y luego se mezcla. Este es un patrón de muestreo común para cultivos anuales y semiperennes en tierras planas (Bernier & Undurraga, 2020).

**Gráfico 3.** Recorrido en X

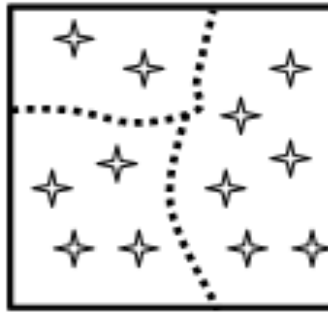


**Fuente:** (Schweizer, 2011)

#### 8.4.4. Recorrido aleatorio simple

Este método es adecuado para terrenos homogéneos y planos, se utiliza en lotes predeterminados, las submuestras se toman al azar, seleccionando puntos aleatorios que representan el área de la muestra y se mezcla en consecuencia. Este tipo de muestreo es adecuado para cultivos pastos anuales, así como para zonas de naturaleza homogénea (Bernier & Undurraga, 2020).

**Gráfico 4.** Recorrido aleatorio simple



**Fuente:** (Schweizer, 2011)

#### 8.4.5. Recorrido aleatorio estratificado

Este tipo de muestreo incluye dividir el lote del que se va a tomar muestras en capas, se recogen submuestras en cada capa y luego se procede a mezclar para obtener la muestra. Este muestreo se realiza en terrenos colinados o incluso en pendientes. Adecuado para cultivos de alimentos básicos, sistemas agroforestales y laderas (Bernier & Undurraga, 2020).

**Gráfico 5.** Recorrido aleatorio estratificado



**Fuente:** (Schweizer, 2011)

## **8.5. Propiedades físicas y químicas del suelo**

### **8.5.1. Propiedades físicas del suelo**

Las propiedades físicas de la tierra son el resultado de la interacción de sus distintas fases (suelo, agua, aire) y la proporción de cada fase presente. La condición física del suelo determina su capacidad de carga, facilidad de penetración de las raíces, circulación del aire, capacidad de almacenamiento de agua, drenaje, retención de nutrientes y otros factores (Álvarez-González et al., 2021). Las principales características físicas que afectan el desarrollo de los cultivos son las siguientes.

#### **8.5.1.1. Estructura**

La estructura del suelo puede determinarse por la forma en el cual se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando estas partículas se agrupan toman el aspecto de partículas mayores y se los denominan agregados, en la agregación del suelo se puede asumir diferentes modalidades, lo que da por resultados distintas estructuras de suelo (Fundora, 2017).

La estructura del suelo controla la distribución, flujo y retención de agua, sustancias disueltas y gases; su perturbación conduce a procesos de degradación edáfica que se asocia con diversas causas (compactación, cementación, entre otros), y disminuyen la productividad de los agroecosistemas (Márgez et al., 2013).

- **Tamizado en seco:** Consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños a través de una criba o tamiz. Las partículas más pequeñas pasan a través de los orificios del tamiz, mientras que las partículas más grandes son retenidas en el tamiz (Gómez, 2013).

#### **8.5.1.2. Densidad Real**

La densidad real de los suelos corresponde a la relación masa/ volumen de la totalidad de las partículas sólidas que corresponden al suelo; es expresada como la razón entre la masa de las partículas ( $M_s$ ) y su volumen ( $V_s$ ), Descartando los espacios porosos entre las partículas (Novillo Espinoza et al., 2018).

- **Picnómetro:** Es un instrumento sencillo que se utiliza para medir con precisión la densidad de líquidos. Su función principal es mantener un volumen fijo (Medina-Méndez et al., 2006).

#### 8.5.1.3. Densidad Aparente

La densidad aparente se define como la relación entre la masa de un material sólido seco, y el volumen que ocupa en condiciones específicas, incluidos los espacios porosos entre las partículas. La densidad aparente del suelo es siempre menos que la densidad real y el conocimiento de la condición física del suelo es sumamente valioso ya que se refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad (Jiménez & Khalajabadi, s. f.).

- **Probeta:** Es un instrumento, el cual sirve para para medir la densidad, cuando el suelo ya haya pasado por el proceso de la estufa (Américo & Hossne, 2008).

#### 8.5.1.4. Porosidad

Mediante la determinación de la densidad real y aparente del suelo se obtiene la porosidad total del suelo.

La porosidad del suelo es muy importante para la absorción de nutrientes y agua, la porosidad está ocupada por aire, sus propiedades dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cosecha, labranza y otras propiedades del suelo y su manejo (Bravo et al., s. f.).

#### 8.5.1.5. Textura

La textura del suelo indica el contenido de las partículas de diferente tamaño, como es: la arena, el limo y la arcilla en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad que se pueda trabajar el suelo, también la cantidad de agua y aire que retiene, por último, la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (J. García, s. f.).

El suelo se compone de varios agregados que varían de tamaño, las partículas que forman el suelo se agrupan en tres fracciones, que a su vez tienen diferente composición mineral (González & Coronado, 2007).

- Arena: 2 a 0.05 mm
  - Limo: 0.05 a 0.002 mm
  - Arcilla: menor a 0.002 mm
- 
- **Hidrómetro H152:** El hidrómetro es un instrumento que permite medir la densidad de la solución en la cual se suspende. Este método de prueba indica el contenido relativo de partículas de diferentes tamaños, como el de la arena, el limo y la arcilla del suelo, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo, lo cual nos ayuda a determinar la textura, para lo cual se usa la hoja de cálculo con sus respectivas fórmulas (González & Coronado, 2007).

### **8.5.2. Propiedades químicas del suelo**

Las propiedades químicas están relacionadas con la calidad, disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, dentro de las características o propiedades químicas tenemos la materia orgánica, nutrientes, capacidad de intercambio catiónico y pH (Y. B. Rodríguez & Camacho, 2009).

El pH es una de las propiedades químicas más importantes del suelo, porque de él depende la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, determina su solubilidad y la actividad de los microorganismos que mineralizan las sustancias orgánicas (Torres et al., 2006).

#### **8.5.2.1. pH**

El pH es un parámetro que nos permite saber qué tan ácido o básico es la solución del suelo, de donde obtienen las raíces de las plantas los nutrientes que necesitan para su crecimiento y desarrollo. El rango de medición del pH es de 0,0 a 14,0 donde la escala de 7,0 es un valor neutro, valores menores a 7,0 son ácidos y por encima de 7,0 es básico o alcalino (Rayo et al., 2017).

El pH también es un indicador de varias propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, lo que afecta en gran medida la disponibilidad de los nutrientes que necesitan las plantas (Castillo et al., s. f.).

- **En laboratorio:** El pHmetro es un equipo científico que mide la actividad de los iones del hidrogeno en una solución acuosa y expresa su acidez o alcalinidad (West Analítica y Servicios, 2012).

### 8.5.2.2. Capacidad de intercambio catiónico

Esta propiedad química del suelo se refiere a la cantidad total de carga negativa disponible en las superficies de las partículas del suelo. También se puede definir como el número total de cationes intercambiables (carga negativa total) que puede contener un suelo determinado (Rosales et al., s. f.).

Comprender la capacidad de intercambio catiónico del suelo es muy importante porque este valor indica el potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes. Adema, la CIC afecta directamente la cantidad y frecuencia de la fertilización (Henríquez et al., 2005).

- **Titulación:** Es el procedimiento en el cual una solución de concentración llamada patrón es agregada a otra, para determinar la concentración desconocida y así conocer el valor gastado por titulación para proceder a calcular y obtener el valor del CIC (Arroyo V, Bertel L D, Doria D, Rocha L, 2019).

### 8.5.2.3. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo proviene de la descomposición de los organismos vivos que fallecen sobre ella, este proceso tiene el nombre de mineralización y el resultado de la misma es la liberación de elementos minerales solubles o gaseosos, como por ejemplo el amoniaco, ácido nítrico y dióxido de carbono que mayormente son aprovechables para las plantas en diferentes cantidades (López, 2018).

Se estima que, a mayor contenido de materia orgánica, más fértil es el suelo, ya que influye de manera directa a la variabilidad de los microorganismos que viven en el suelo, los mismos que



liberan nutrientes para las plantas, determinado las productividades del cultivo (B. Rodríguez, 2004).

- **Calcinación:** Es el proceso de calentar la muestra a temperatura elevada (pérdida de peso), para la estimación de la materia orgánica (MO) del suelo Barrezueta-Unda et al., (2020).

#### 8.5.2.4. Nutrientes

El suelo es fértil si contiene los nutrientes necesarios para el buen crecimiento de las plantas, las plantas obtienen algunos de los elementos que necesitan como carbono, hidrogeno y oxígeno del aire y del agua. Otro nutriente esencial que la planta necesita en grandes cantidades son los macronutrientes, como el nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio (López, 2020).

- **Extracción de pasta saturada:** consiste en la extracción de una pequeña fracción de nutrientes presentes en una muestra de suelo, el método es llevar la muestra de suelo hasta la saturación con agua destilada, por un espacio de tiempo para así determinas Potasio, Calcio, Sodio, Nitratos, pH y Conductividad Eléctrica (*iniapsc635.65E17p12.pdf*, s. f.).

#### 8.6. Cultivo de la papa (*solanum tuberosum*)

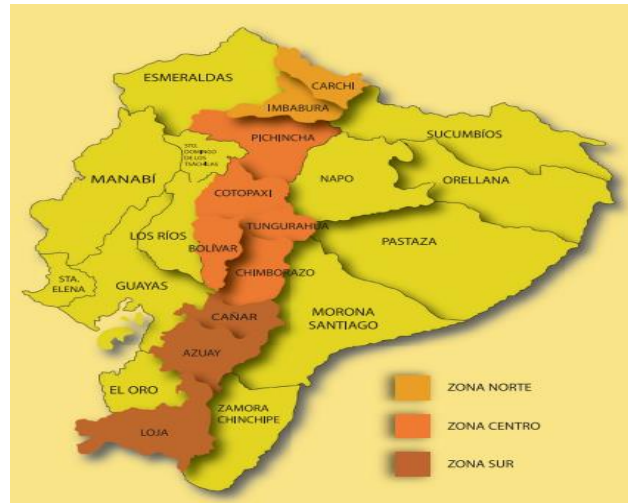
La papa (*solanum tuberosum*) es uno de los principales cultivos de importancia a nivel mundial. Por su valor nutricional, ocupa el cuarto puesto de importancia después del trigo, el maíz y el arroz en el consumo del ser humano (INIAP, 2021).

En el Ecuador, de acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el año 2019 la superficie cultivada fue de 21.107 hectáreas (ha) con una producción de 517.655 toneladas. Aproximadamente el 81% de la producción se comercializa para consumo fresco y el resto es utilizado por la industria.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) mantienen una colección de 550 variedades de las especies: *S. andigena*, *S. phureja*, *S. stenotomum* y *S. chaucha*. En el país se siembra alrededor de 30 variedades mejoradas, de las cuales las más cultivadas son: Superchola, Única, Yema de huevo e INIAP Frippa que representan más de la mitad del área sembrada en el país (INIAP, 2021).

En Ecuador, se cultiva papa entre los 2.800 hasta los 3.500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Se identifica tres regiones que se dedican a su cultivo: al norte en las provincias de Carchi e Imbabura; al centro en Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, y al sur en Cañar, Azuay y Loja (INIAP, 2021).

**Gráfico 6.** Zonas de producción de papa en el Ecuador



**Fuente:** (INIAP, 2021)

### 8.6.1. Clasificación taxonómica

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica de (*Solanum tuberosum*)

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	Solanum
<b>Subgénero</b>	Potatoe
<b>Serie</b>	Tuberosa

**Fuente:** (Márquez-Vasallo et al., 2020)

### 8.6.2. Requerimiento del cultivo

**Tabla 3.** Requerimientos del cultivo (*Solanum tuberosum*)

<b>Altitud</b>	2800 a 3500 msnm
<b>Precipitación</b>	600 a 1.200 mm
<b>Luz</b>	8 a 12 horas diarias de luminosidad.
<b>Temperatura</b>	9 a 11 ° C
<b>Suelo</b>	Franco, franco limoso y franco arcilloso con buen drenaje, negro andino.
<b>pH</b>	5,5 a 7,0
<b>Materia orgánica</b>	3.5 %
<b>Densidad real</b>	2,60 g/cm <sup>3</sup>
<b>Densidad aparente</b>	1,20 g/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** (INIAP, 2021)

### 8.7. Error en prácticas de laboratorio

Las medidas experimentales vienen afectadas de una imprecisión de error que es la diferencia entre el valor verdadero y el obtenido experimentalmente. Los errores no siguen una ley determinada y su origen está en múltiples causas (Mendoza & Block, s. f.).

- Errores instrumentales (de aparatos): calibración de instrumentos.
- Error personal: carácter personal como problemas de tipo visual.
- Errores del método: metodologías diferentes.

## 9. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Se podrá determinar las propiedades físico y químico del suelo mediante técnica básicas de laboratorio en la Universidad Técnica de Cotopaxi?

## 10. METODOLOGÍA

### 10.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrolló en la provincia de Cotopaxi que está ubicada 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.

Cantón Latacunga, parroquia San José de Poaló, comunidad Maca Chico.

**Gráfico 7.** Sitio de la investigación



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

**Tabla 4.** Características del sitio de investigación

<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Cantón</b>	Latacunga
<b>Parroquia</b>	San José de Poaló
<b>Comunidad</b>	Maca Chico
<b>Altitud</b>	3456 m.s.n.m
<b>Longitud</b>	78°42'42.7"W
<b>Latitud</b>	0°51'45.4"S
<b>Área</b>	1400 m <sup>2</sup>

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

## **10.2. Fases de investigación**

### **10.2.1. Bibliográfica**

Esta investigación es bibliográfica ya que se fundamenta en la revisión y verificación de material bibliográfico que ya existe, con respecto al tema a estudiar que es la caracterización del suelo. Es uno de los principales pasos para cualquier investigación e incluye la elección de varias fuentes de información (Guadalupe & Emmanuel, 2017).

Es un paso esencial porque involucra un conjunto de fases que incluyen la observación, la indagación, la interpretación, la reflexión para obtener bases importantes y necesarias para establecer una guía, la cual fue levantada con Libros, Tesis, Video, Artículos científicos, Software estadístico (Tablas en Microsoft Excel) y a su vez adaptada a los laboratorios de la Universidad Técnicas de Cotopaxi.

### **10.2.2. Campo**

La investigación de campo combina la técnica como la observación o la encuesta que se la realiza directamente en la recopilación de información, para un propósito específico el cual es conocer directamente el lugar de estudio, esta investigación permite proporcionar información precisa con datos de la realidad.

#### **10.2.2.1. Materiales y herramientas**

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

### 10.2.2.2. Ficha de levantamiento de información

La ficha es un instrumento que permitió recopilar información específica sobre los antecedentes del terreno de la comunidad Maca Chico la cual se realizó al propietario del terreno a la Señora María Concepción Oña Unaicho, lo que permitirá tener información real para la investigación.

**Ilustración 1.** Ficha técnica del lugar

<b>Ficha Técnica</b>					
<b>Nombre del propietario</b>	María Concepción Oña Unaicho		<b>Latitud</b>	0°51'45.4"S	
<b>Fecha</b>	17/07/2023		<b>Longitud</b>	78°42'42.7"W	
<b>Ubicación</b>	Maca Chico		<b>Altitud</b>	3456 m.s.n.m	
<b>Hora</b>	13:00		<b>Cultivo actual</b>	Papa ( <i>solanum tuberosum</i> )	
Terreno	Plano		Manejo de fertilizantes en el suelo	Manejo orgánico	
	Inclinado	X		Fertilizante químico	X
	Semiplano			Ninguno	
Cultivos de la zona	Papa	X	Riego	Agua potable	
	Haba	X		Agua de riego	
	Maíz	X		Vertiente de agua	
	Zanahoria			Agua de lluvia	X
	Lechuga		Manejos de rastrojos	Para compostaje	
	Chocho	X		Se quema o se bota	X
Preparación del suelo	Manual	X	Realiza rotación de cultivos	Siempre	
	Motocultor			A veces	X
	Tractor			Nunca	

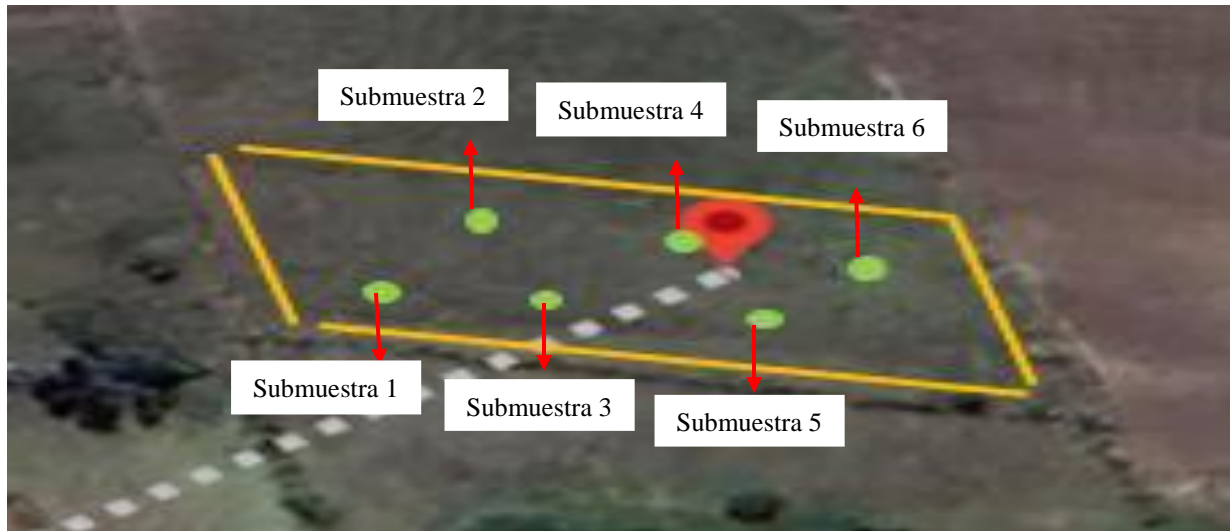
**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

### 10.2.2.3. Muestreo

El tipo de muestreo utilizado fue sistemático y aleatorio, donde la característica principal es que alterna entre un lado y el otro del espacio muestral, para lo cual se utilizó el método en zig-zag que consta de líneas que se cruzan aproximadamente 25 a 30 pasos de cada punto, este procedimiento es adecuado para terrenos muy homogéneos y nivelados (Bernier & Undurruga, 2020).

Se seleccionaron 6 puntos distribuidos en zig-zag en todo el terreno de estudio ubicado en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San José de Poaló como se muestra en el (Gráfico 8).

**Gráfico 8.** Recorrido en zig-zag



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

Con ayuda de una pala se retiró el material vegetal de la superficie de suelo del cultivo de papa (*solanum tuberosum*), donde se recolectó 2 kilogramos de submuestra en una profundidad de 20 cm, se procedió a mezclar en un balde de 20 litros, 1 kilogramo de cada una de las submuestras hasta obtener una muestra homogénea, para seleccionar 1 kilogramo de esta muestra homogénea que fue enviado respectivamente para el análisis de suelo al laboratorio del INIAP, la misma que se colocó dentro de una funda plástica para proceder a sellar y etiquetar respectivamente. Las submuestras que no fueron mezcladas, fueron transportadas al laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, debidamente etiquetadas y en bolsas plásticas.

**Gráfico 9.** Recolección de muestras



**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

### 10.1.3. Laboratorio

Para el análisis físico-químico de caracterización del suelo se utilizó varias metodologías como: Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos, Gómez 2013, Colombia, departamento de Tolima, laboratorio West Analítica y Servicios S.A. de C.V, Aguilera 2012, México, libro del departamento de ambiente y recursos naturales facultad de ciencias agraria, Baver 2019, Manual del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Guía para la determinación de textura de suelos., Ciancaglini 2010, entre otras.

#### 10.1.3.1. Tratamiento de la muestra en el laboratorio

La submuestras llevadas al laboratorio deben reposar a temperatura ambiente durante 24 horas, para proceder con sus respectivos parámetros de caracterización (Rayo et al., 2017).

**Gráfico 10.** Suelo a temperatura ambiente



**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

#### 10.1.3.2. Equipos, materiales y reactivos

- Desecador.
- Crisoles de 50 ml.
- Titulador.
- Tamices.
- Vasos de precipitación.



- Embudo.
- Pipeta graduada.
- Agua destilada.
- Frascos de 50 ml.
- Varilla agitadora.
- Frasco lavador.
- Papel absorbente.
- Matraz de Erlenmeyer.
- Probetas aforadas.
- pH-metro
- Pinzas.
- Guantes térmicos.
- Cuchara.
- Espátula.
- Mandil.
- Libreta de apuntes.
- Etiquetas.
- Bandeja.
- Papel film.
- Vasos plásticos.
- Cronómetro.
- Hidrómetro H152.
- Termómetro.
- Probetas de 50 ml.
- Probetas de 1000 ml.
- Bureta aforada de 50 ml.
- Papel aluminio.
- Formol 37%
- Hexametáfosfato de sodio
- Cloruro de sodio 10%.

- Fenolftaleína.
- Hidróxido de sodio 0,5N.

### 10.1.3.3. Determinación del pH

El pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo (Rosas-Patiño et al., 2017).

#### 10.1.3.3.1. Procedimiento

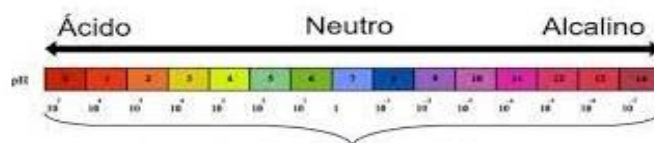
Se utilizó el tamiz #10 (2mm) para tamizar 10 g de suelo, una vez tamizado se añadió la muestra en un vaso precipitado de 50 ml con 25 ml de agua destilada para proceder a agitar durante 5 minutos y dejar reposar durante 30 minutos para así mantener un equilibrio iónico. Finalmente, con el pH-metro calibrado se introdujo en la solución para obtener los respectivos resultados.

**Gráfico 11. pH**



**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

**Gráfico 12. Escala del pH**



**Fuente:** (Farbe, 2021)

**Tabla 5.** Interpretación de resultados del pH

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

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

### 10.1.3.3. Determinación de Estructura

Suelo organizado en forma geométrica, constituyen la estructura (Fundora, 2017).

#### 10.1.3.3.1. Procedimiento

Se utilizó el juego de tamices de 2 mm; 1 mm; 0,500 mm; 0,250 mm y se procedió a colocar los tamices de mayor a menor, se pesó 300 g de suelo para añadir en el primer tamiz y agitarlo manualmente durante 5 min.

Luego se vació las sobras de suelo de cada tamiz en platos de aluminio para así obtener el peso de cada uno.

**Gráfico 13.** Estructura

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

#### 10.1.3.3.2. Fórmula

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

**Fuente:** (Gómez, 2013)

**Tabla 6.** Calificación del diámetro medio ponderado

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

**Fuente:** (Gómez, 2013)

#### 10.1.3.4. Determinación de Densidad Real (Dr)

Partículas sólidas del suelo sin tener en cuenta el espacio poroso (Medina-Méndez et al., 2006).

##### 10.1.3.4.1. Procedimiento

Se pesó y tamizo (2mm) 20 g de suelo (P1), en un balón aforado de 100 ml con ayuda de una pipeta de añadió agua destilada hasta alcanzar el aforamiento (P2), para luego retirar 60 ml de agua destilada, con ayuda de un embudo se agregó los 20 g suelo tamizado al balón aforado de 100 ml y a continuación se vertió agua destilada hasta el aforamiento (P3).

**Gráfico 14.** Densidad real



**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

##### 10.1.3.4.2. Fórmula

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

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

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

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

**Tabla 7.** Interpretación de Densidad real

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)

#### 10.1.3.5. Determinación de Densidad Aparente (Da)

Firmeza del suelo y resistencia que presentará a los implementos de labranza (Jiménez & Khalajabadi, s. f.).

##### 10.1.3.5.1. Procedimiento

En un recipiente metálico se añadió cierta cantidad de suelo y se procedió a secar la muestra en la estufa a 105 °C durante 1 hora, transcurrido el tiempo mencionado con cuidado se procedió a enfriar en el desecador para finalmente añadir el suelo en la probeta aforada de 50 ml hasta la mitad peso (M).

**Gráfico 15.** Densidad aparente

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

### 10.1.3.5.2. Fórmula

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

**Fuente:** (Américo & Hossne, 2008)

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

**Fuente:** (Américo & Hossne, 2008)

**Tabla 8.** Interpretación de Densidad aparente

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)

### 10.1.3.6. Determinación de la Porosidad

Proporción de espacios vacíos o poros en relación con el volumen total del suelo (Cueto et al., 2008).

#### 10.1.3.6.1. Procedimiento

Se utilizó los datos obtenido en densidad real y densidad aparente.

### 10.1.3.6.2. Fórmula

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

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

**Tabla 9.** Interpretación de Porosidad

<b>% Porosidad (Po)</b>	<b>Comportamiento</b>
> 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)

### 10.1.3.7. Determinación de Textura

Indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño como: arena, limo y arcilla de los suelos (J. García, s. f.).

#### 10.1.3.7.1. Procedimiento

Se pesó 10 g de hexametáfosfato de sodio y en una probeta aforada de 1000 ml se añadió 125 ml de agua destilada, en un vaso precipitado de 1000 ml verter el agua destilada junto con el hexametáfosfato, con ayuda de un agitador de vidrio disolver, una vez lista esta solución añadir 50 g de suelo para dejar reposar 24 horas.

Transcurrido las 24 horas en una probeta de 1000 ml se añadió 750 ml de agua destilada y 30 g hexametáfosfato de sodio y se disolvió con ayuda de un agitador. Esta solución es para limpiar el hidrómetro H152.



En otra probeta aforada de 1000 ml se colocó 125 ml de agua destilada y 10 g hexametáfosfato, se disolvió con ayuda de una agitadora de vidrio, en esta solución preparada se vertió la solución reposada y se mezcló por 1 minuto.

Se utilizó papel film para sellar la boca de la probeta y realizar la agitación durante 1 minuto, una vez agitada se introdujo el hidrómetro y con ayuda de un cronómetro se empezó a tomar lectura en 1, 2, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 480 minutos en lo cual también se tomó temperatura.

**Gráfico 16.** Densidad con el Hidrómetro H152



**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

**Tabla 10.** Diámetro de las partículas (mm)

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

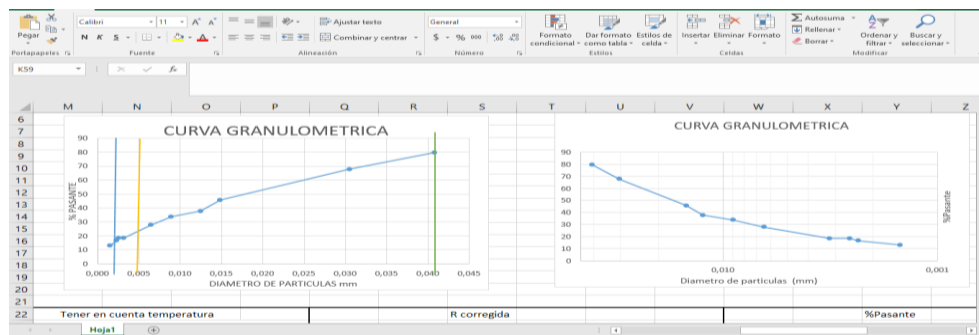
**Fuente:** (González & Coronado, 2007).

**Ilustración 2. Hoja de cálculo**

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

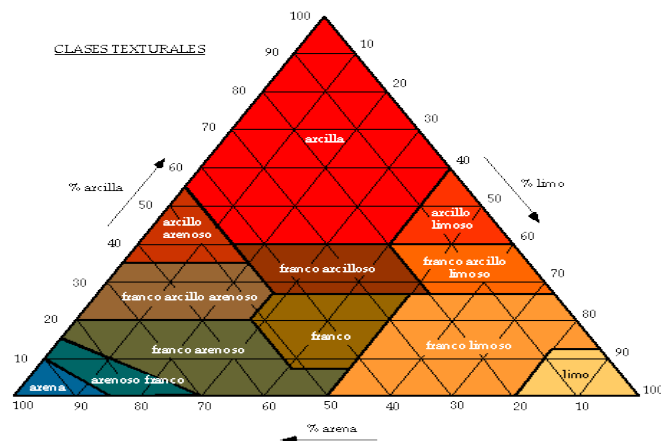
Fuente: (Caisaguano, 2023)

**Ilustración 3. Curva granulométrica corregida**



Fuente: (Caisaguano, 2023)

**Gráfico 17. Triángulo de textura**



Fuente: ( Ciancaglini, 2020)

### 10.1.3.8. Determinación de Materia orgánica

La materia orgánica del suelo es la fracción del suelo que se compone de tejido vegetal o animal en diversas etapas de descomposición (Faita et al., 2015).

#### 10.1.3.8.1. Procedimiento

Para la preparación de los crisoles de 50 ml se colocó en la mufla durante 2 horas a una temperatura de 430 °C (esto es para eliminar la humedad de los crisoles), finalmente se introdujo los crisoles directo al desecador hasta que alcance temperatura ambiente

Se pesó 100 g de suelo y se tamizo a 2 mm, se introdujo en la estufa a 105 °C durante 24 horas, de los 100 g de suelo tamizado y secado a 105 °C se utilizó la balanza analítica de precisión y los crisoles en el cual se añadió 5 g suelo y se puso dentro de la mufla a 430 °C por 2 horas.

**Gráfico 18.** Materia orgánica



**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

#### 10.1.3.8.2. Fórmula

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

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

**Fuente:** (Barrezueta-Unda et al., 2020)

**Tabla 11.** Interpretación de Materia orgánica

Contenido %	Categoría	Puntuación
< 1.0	Bajo	0
1.0-3.0	Medio	1
> 3.0	Alto	2

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

### 10.1.3.9. Determinación de Nutrientes

Consiste en la extracción de una pequeña fracción de los nutrientes presentes en una muestra de suelo (López, 2020).

#### 10.1.3.9.1. Procedimiento

Se pesó 200 g de suelo y se añadió en la capsula de porcelana, para realizar una pasta homogénea se vertió agua destilada posteriormente se tapó con film transparente y se dejó en reposo 2 horas hasta lograr un estado de saturación correcto. Se utilizó la bomba al vacío y se colocó papel filtro de la medida del embudo para verter la pasta previamente reposada, la solución se extrajo en botellas de plástico, finalmente se procedió a colocar 3 gotas en los Ionómetros para determinar cada uno de los parámetros como: Potasio (K), Calcio (Ca), Sodio (Na) Y Conductividad Eléctrica.

**Gráfico 19.** Extracción de pasta saturada

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

**Tabla 12.** Interpretación de Nutrientes en ppm

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

**Fuente:**(*iniapsc635.65E17p12.pdf*, s. f.)

#### 10.1.3.10. Determinación de la Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, gracias a su contenido en arcillas y materia orgánica (Rosales et al., s. f.).

##### 10.1.3.10.1. Procedimiento

Para obtener la humedad se pesó 10 g de suelo (peso inicial), se introdujo la muestra de suelo a la estufa por 30 minutos (peso final).

Se pesó y tamizo (2mm) 10 g de suelo, se colocó en un vaso precipitado la muestra de suelo se agregó 25 ml de acetato de NH<sub>4</sub>, agitar por 15 minutos, se utilizó la bomba al vacío y papel filtro, para filtrar el suelo y se utilizó la solución filtrada para la titulación en blanco.

Se procedió a pasar el embudo a un Erlenmeyer y lavar con 25 ml de agua destilada en porciones para extraer el exceso de acetato de NH<sub>4</sub>. Pasar el embudo a otro Erlenmeyer y agregar 25 ml de la solución NaCl al 10%, a esta solución se agregó 10 ml de formol al 37% y se agito manualmente por 10 segundos. Se agregó 5 gotas de fenoltaleína y finalmente titular con solución de NaOH 0,5 N.

**Gráfico 20.** Práctica de Capacidad de Intercambio Catiónico



**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

#### 10.1.3.10.2. Fórmula

$$Pw = \frac{mshum - mssec}{mssec} \times 100$$

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

**Fuente:** (Chávez, 2015)

**Tabla 13.** Interpretación de 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. Porcentaje de error

### 10.4.1. Fórmula

$$\% \text{ error} = \frac{\textit{approx} - \textit{exact}}{\textit{exact}} \times 100$$

**Fuente:** (Klipe, 2007)

**Tabla 14.** Interpretación de confiabilidad

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

**Fuente:** (Mendoza & Block, s. f.)

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 11.1 Guía

En relación al objetivo 1, mediante fuentes bibliográficas como tesis, libros, artículos científicos y manuales se estableció la Guía de prácticas de laboratorio de características físico-químico la cual se encuentra en el Anexo 1 y la hoja de checklist se encuentra en el Anexo 2.

Gráfico 21. Portada de la Guía



Gráfico 22. Contenido de la Guía

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES		 CARRERA DE AGRONOMÍA GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO	
<b>Índice</b>			
1. pH del suelo	1	6. Determinación de Densidad con el Hidrómetro	16
1.1 pH en laboratorio	1	6.1 Materiales, Reactivos y Equipos	17
1.1.1 Materiales, Reactivos y Equipos	1	6.2 Preparación de la muestra	18
1.1.2 Calibración del pH metro	2	6.3 Procedimiento	18
1.1.3 Preparación de la muestra	3	6.4 Corrección de las lecturas del hidrómetro	19
1.1.4 Procedimiento	3	6.5 Interpretación de resultados	20
1.2 pH en campo	3	7. Materiales orgánicos	21
1.2.1 Materiales, Reactivos y Equipos	3	7.1 Método por calcinación	21
1.2.2 Procedimiento	4	7.1.1 Materiales, Reactivos y Equipos	21
1.3 Interpretación de resultados	4	7.1.2 Preparación de la muestra	23
1.4 Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo	5	7.1.3 Preparación de los ensayos	24
2. Estructura del suelo	6	7.1.4 Procedimiento	24
2.1 Materiales, Reactivos y Equipos	8	7.1.5 Fórmula	24
2.4 Procedimiento	9	7.1.6 Interpretación de resultados	25
2.5 Interpretación de resultados	9	8. Extracción de pante saturada del suelo	25
Fuente (Gómez, 2013)	10	8.1 Fundamentación	25
3. Determinación de Densidad Real (DR)	10	8.2 Materiales, Reactivos y Equipos	26
3.1 Materiales, Reactivos y Equipos	11	8.3 Preparación de la muestra	27
3.2 Preparación de la muestra	12	8.4 Procedimiento	27
3.3 Procedimiento	12	8.5 Interpretación de resultados	28
3.4 Fórmula	12	Fuente (Instituto 035.05E117p12.pdf, s. E.)	29
3.5 Interpretación de resultados	12	9. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	29
4. Determinación de Densidad Aparente (Da)	13	9.1 Materiales, Reactivos y Equipos	29
4.1 Materiales, Reactivos y Equipos	13	9.2 Preparación de la muestra	33
4.2 Preparación de la muestra	14	9.3 Procedimiento	33
4.3 Procedimiento	14	9.3.1 Fórmula	34
4.4 Fórmula	15	9.4 Interpretación de resultados	34
4.5 Interpretación de resultados	15		
5. Determinación de Porosidad	15		
5.1 Fórmula	16		
5.2 Interpretación de resultados	16		



## 11.2 Interpretación de parámetros físico-químico del suelo

- Determinación de pH potencial hidrogeno

Parámetro a medir: Acidez o alcalinidad

**Tabla 15.** Resultados del pH

	<b>pH</b>
<b>M 1</b>	7,61
<b>M 2</b>	7,96
<b>M 3</b>	7,86
<b>M 4</b>	8,08
<b>M 5</b>	8
<b>M 6</b>	7,74
<b>Media</b>	7,91

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Como se puede observar en la tabla 15 usando la metodología propuesta en la guía se obtuvo un pH de 7,91 que es un valor que tiende a la alcalinidad el cual no es apto para los cultivos, según (Bernal-Fundora et al., 2019) afirma que valores de pH entre 6,0 y 7,5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de cultivos, y también (Calva & Espinosa, 2017) indica que un pH inadecuado afecta directamente a la capacidad del sistema radicular para la absorción de los nutrientes, un suelo con pH alcalino puede ser corregido con materia orgánica, fertilizantes nitrogenados (urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio).

- Determinación de la Estructura

Parámetro a medir: Aregados de diferente tamaño.

**Tabla 16.** Resultados DMP (mm)

<b>DMP (mm)</b>	
<b>M 1</b>	1,151
<b>M 2</b>	1,149
<b>M 3</b>	1,096
<b>M 4</b>	1,101
<b>M 5</b>	1,137
<b>M 6</b>	1,108
<b>Media</b>	1,123

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Se obtuvo un valor de 1,123 mm según la tabla 6 es ligeramente estable para que el agua y el oxígeno lleguen a las raíces de las plantas, es un rango inadecuado para los cultivos porque afecta el crecimiento de las plantas, según (Velazquez et al., 2022) los suelos bien estructurados están entre 3,0 mm y 4,3 mm (estable) que permiten una adecuada infiltración, capacidad de almacenar agua y aumenta el rendimiento de los cultivos, una estructura inadecuada (ligeramente estable) puede ser corregida con abono (gallinaza, estiércol) y compost.

- Determinación de Densidad Real (Dr)

Parámetro a medir: Partículas sólidas del suelo sin tener en cuenta el espacio poroso.

**Tabla 17.** Resultados del volumen de Densidad real

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>Volumen cm<sup>3</sup></b>
<b>M 1</b>	20	158,16	168,75	9,41
<b>M 2</b>	20	158,16	169,06	9,1
<b>M 3</b>	20	158,16	168,65	9,51
<b>M 4</b>	20	158,16	168,93	9,23
<b>M 5</b>	20	158,16	168,75	9,41
<b>M 6</b>	20	158,16	168,58	9,58

**Tabla 18.** Resultados de Densidad real

	<b>Masa g</b>	<b>Volumen cm<sup>3</sup></b>	<b>Densidad Real (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>M 1</b>	20	9,41	2,13
<b>M 2</b>	20	9,1	2,20
<b>M 3</b>	20	9,51	2,10
<b>M 4</b>	20	9,23	2,17
<b>M 5</b>	20	9,41	2,13
<b>M 6</b>	20	9,58	2,09
		Media	2,13

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Se obtuvo una densidad real de 2,13 g/cm<sup>3</sup> que en la tabla 7 muestra una baja capacidad para retener nutrientes en el suelo, está fuera de los rangos aceptables que los cultivos necesitan , según (Perea et al., 2021) la densidad real adecuada para retener nutrientes en el suelo y que el cultivo lo pueda absorber es de 2,60 g/cm<sup>3</sup> - 2,80 g/cm<sup>3</sup>.

- Determinación de Densidad Aparente (Da)

Parámetro a medir: Firmeza del suelo.

**Tabla 19.** Resultados de volumen de Da

	<b>cm<sup>3</sup></b>
<b>diámetro=</b>	2,2
<b>altura=</b>	19,5
	V=74,13

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

**Tabla 20.** Resultados de Densidad aparente

	<b>Masa G</b>	<b>Volumen cm<sup>3</sup></b>	<b>Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>M 1</b>	95,98	74,13	1,29
<b>M 2</b>	98,88	74,13	1,33
<b>M 3</b>	98,68	74,13	1,33
<b>M 4</b>	98,12	74,13	1,32
<b>M 5</b>	99,54	74,13	1,34
<b>M 6</b>	96,48	74,13	1,30
		Media	1,33

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Se obtuvo una densidad aparente de 1,33 g/cm<sup>3</sup> lo cual indica en la tabla 8 es un suelo compacto, de acuerdo a (Perea et al., 2021) los cultivos necesitan valores de 0,90 g/cm<sup>3</sup> a 1,10 g/cm<sup>3</sup> (baja) son suelos livianos y porosos, puede ser corregida con una buena preparación de suelo antes de sembrar remover bien el suelo ya sea usando rastra o arado y aplicar materia orgánica (Perea et al., 2021) .

- Determinación de Porosidad

**Tabla 21.** Resultados de Porosidad

	<b>Densidad Real (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Porosidad %</b>
<b>M 1</b>	2,13	1,29	39,44
<b>M 2</b>	2,2	1,33	39,55
<b>M 3</b>	2,1	1,33	36,67
<b>M 4</b>	2,17	1,32	39,17
<b>M 5</b>	2,13	1,34	37,09
<b>M 6</b>	2,09	1,3	37,80
		Media	38,48

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Se obtuvo un resultado de 38,48%, la tabla 9 indica una porosidad muy baja, según (González-Barrios et al., 2012) valores entre 55% -70% son los óptimos para los cultivos para que las raíces puedan extenderse con facilidad, comparando con el resultado la porosidad de 38,48% (baja) no hay una buena absorción de agua hacia la planta causando problema de asfixia radicular .

- Determinación de Textura

Parámetro a medir: Partículas de diferente tamaño.

**Ilustración 4.** Resultados de textura

%	
53,4	Arena
47,4	
43,4	
41,4	
35,4	Limo
33,4	
30	
24	
20	
16	Arcilla

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Con los porcentajes que se obtuvo de arcilla, limo y arena, el gráfico 18 indica un suelo franco arenoso, según (Oseguera et al., 2019) es un buen suelo para cultivar, para que adquiera las características apropiadas que necesita el cultivo, necesita una buena preparación de suelo, aplicar materias orgánicas, regar con mayor frecuencia, utilizar cultivos de cobertura y rotación de cultivos.

- Determinación de Materia orgánica

Parámetro a medir: La calidad del suelo

**Tabla 22.** Crisol y suelo

	<b>Peso final 105 C</b>	<b>g de suelo</b>	
<b>M 1</b>	47,6894	5	52,6894
<b>M 2</b>	46,5751	5	51,5751
<b>M 3</b>	47,7432	5	52,7432
<b>M 4</b>	46,9094	5	51,9094
<b>M 5</b>	43,8161	5	48,8161
<b>M 6</b>	47,9098	5	52,9098

**Tabla 23.** Resultados de Materia orgánica

	<b>Peso final 105 C</b>	<b>Peso mufla 430 C</b>	
<b>M 1</b>	52,6894	51,5955	2,08
<b>M 2</b>	51,5751	50,4845	2,11
<b>M 3</b>	52,7432	51,4994	2,36
<b>M 4</b>	51,9094	50,7872	2,16
<b>M 5</b>	48,8161	47,4802	2,74
<b>M 6</b>	52,9098	51,2361	3,16
		Media	2,26

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Se obtuvo 2,26 % de materia orgánica que en el rango de la tabla 11 es medio, está fuera del rango permisible para los cultivos, según (López, 2018) valores de materia orgánica > 3,0% son óptimos para los cultivos por su alto contenido de nutriente, una adecuada aireación y buen drenaje, una baja cantidad de materia orgánica tiende a tener deficiencia de nutrientes, disminución de la actividad microbiana la cual puede ser corregida con compost, cultivos de cobertura, la rotación de cultivos y la aplicación de residuos orgánicos.

- Determinación de Nutrientes

Parámetro a medir: Los nutrientes presentes en el suelo.

**Tabla 24.** Resultados de los Nutrientes ppm

	<b>Ppm</b>						
	<b>M 1</b>	<b>M 2</b>	<b>M 3</b>	<b>M 4</b>	<b>M 5</b>	<b>M 6</b>	<b>Media</b>
<b>Na<sup>+</sup></b>	95	93	91	98	102	104	96,5
<b>K<sup>+</sup></b>	81	82	88	86	84	82	83
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	1886	1892	1879	1859	1883	1898	1884,5
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	302	304	312	305	300	299	303
<b>pH</b>	7,97	7,68	7,76	7,63	7,93	7,79	7,78
<b>COND</b>	995	975	998	987	943	954	981

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

Se obtuvo 96,5 ppm de Sodio (bajo), 83 ppm Potasio (medio), 1884,5 ppm Calcio (alto), 303 ppm de Nitrato (alto), pH de 7,78 (alcalino) y una Conductividad Eléctrica 981 dSm-1 (medio).

- Determinación de la Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Parámetro a medir: Capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos.

**Tabla 25.** Resultados de humedad

	<b>M hum</b>	<b>M sec</b>	<b>Pw</b>
<b>M 1</b>	10	9,83	1,73
<b>M 2</b>	10	9,83	1,73
<b>M 3</b>	10	9,89	1,11
<b>M 4</b>	10	9,79	2,15
<b>M 5</b>	10	9,81	1,94
<b>M 6</b>	10	9,81	1,94

**Tabla 26.** Resultados de Capacidad de intercambio catiónico

	<b>M<sub>lm</sub></b>	<b>M<sub>lb</sub></b>	<b>N</b>		<b>P<sub>w</sub></b>	<b>P<sub>m</sub></b>	<b>C.I.C meq/100 g</b>
<b>M 1</b>	13	11	0,5	100	1,73	10	10,17
<b>M 2</b>	14	12	0,5	100	1,73	10	10,17
<b>M 3</b>	16	15	0,5	100	1,11	10	5,06
<b>M 4</b>	16	11t	0,5	100	2,15	10	25,54
<b>M 5</b>	15	10	0,5	100	1,94	10	25,49
<b>M 6</b>	14	0	0,5	100	1,94	10	71,36
						Media	17,83

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)


Se obtuvo un valor 17,83 meq/100g según la tabla 13 es una medida media para retener nutrientes y liberarlos, está fuera del estándar establecido, según (Cruz-Macías et al., 2020) un CIC adecuada para cultivos es >20 meq/100gr (alto), es una de las características químicas más importantes ya que mediante este parámetro, se observa el contenido de materia orgánica, pH, buena humedad y la movilidad de nutrientes (Contreras Santos et al., 2021).




### 11.3. Resultados de los análisis de suelo

#### Ilustración 5. Análisis del laboratorio INIAP

MC-LASPA-2201-01



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.  
 Tfn. (02) 3007284 / (02)2504240  
 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gov.ec



**INFORME DE ENSAYO No: 23-0249**

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Arcos Granja María Belén  
**PETICIONARIO:** Arcos Granja María Belén  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Arcos Granja María Belén  
**DIRECCIÓN:** Latacunga

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 19/07/2023  
**HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 15:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 25/07/2023  
**FECHA DE EMISIÓN:** 01/08/2023  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** 54

Análisis	S	Ph	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	X Bases	MO	CO.*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN																
																				Arena	Limo	Arcilla		Clase Textural															
23-1241		7,48	P N	75,90	A	11,81	M	6,94	B	0,36	B	0,50	A	14,28	A	2,99	A	1,2	B	6,6	A	69	A	3,8	B	4,78	6,02	34,80	17,77	2,40	A				56	32	12	FRANCO-ARENOSO	Muestra Adriana Quisaguano

Análisis	Al+H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.E.*	N. Total*	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K H <sub>2</sub> O*	P H <sub>2</sub> O*	C*	pH KCl*	IDENTIFICACIÓN
Unidad	ppm	ppm	meq/100g	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	

**OBSERVACIONES:** \* Ensayos no solicitados por el cliente

**METODOLOGÍA USADA**

pH = Surtido Agua (1,2,3) / Osm. Modificado  
 S.B. = Filtro de Calcio / Osm. Modificado / Quimico

**INTERPRETACION**

pH: Ac = Acido, N = Neutro, B = Bajo  
 L.A. = Liger. Acido, L.M. = Liger. Alcalino, M = Medio  
 P.H. = Phos. Neutro, Al = Alcalino, A = Alto  
 R.C. = Requieren Cal, T = Tónico (Boro)

**ABREVIATURAS**

C.E. = Conductividad Eléctrica  
 M.O. = Materia Orgánica

**METODOLOGÍA USADA**

C.E. = Pasta Saturada  
 M.O. = Bicromato de Potasio  
 Al+H<sup>+</sup> = Titulación NaOH

**INTERPRETACION**

Al+H<sup>+</sup> y Na: B = Bajo, NB = No Salino, S = Salino, M = Medio, MS = Muy Salino, A = Alto  
 T = Tónico

**M.O. y C.I.**


B = Bajo, M = Medio, A = Alto

**LABORATORISTA** **RESPONSABLE DE LABORATORIO**


Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de éste se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.  
 \* Opiniones de interpretación .etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Fuente: (INIAP, 2023)

#### Ilustración 6. Análisis del laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**  
 Barrio Salache  
 Latacunga - Ecuador.  
 CAREN: (03) 2266164



**INFORME DE ENSAYO**

**NOMBRE:** Adriana Maribel Caisaguano Vega  
**INSTITUCIÓN:** Universidad Técnica de Cotopaxi  
**DIRECCIÓN:** Latacunga

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 17/07/2023  
**HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 15:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 19/07/2023  
**FECHA DE EMISIÓN:** 12/08/2023

Análisis	pH	Na	Ca	K	N	C.E.	MO	Dr	Da	Po	C.I.C	Clase Textural
Unidad		meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	Uds-m-l	%	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	meq/100g de suelo	
	7,91	0,42	9,40	0,21	68,44	981	2,26	2,13	1,33	38,48	17,83	Franco Arenoso

**OBSERVACIONES:**

Abreviaturas	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitratos.
C.E.	Conductividad eléctrica.
C.I.C.	Capacidad de intercambio Catiónico
MO	Materia orgánica
Dr	Densidad real
Da	Densidad aparente
Po	Porosidad

Interpretación de resultados de pH	
pH	Evaluación
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

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

Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	Clasificación
<2.4	Muy bajo
2.40 – 2.60	Bajo
2.60 - 2.80	Medio
>2.80	Alto

Metodología Usada	
Ph, Na, Ca, K, NO <sub>3</sub> y C.E.	Pasta Saturada
MO	Calcinación
Dr	Pienómetro
Da	Probeta
C.I.C.	Titulación NaOH

% Porosidad	Comportamiento
>70	Porosidad excesiva.
55 -70	Porosidad excelente
50 -55	Porosidad satisfactoria.
<50	Porosidad escasa.
40 - 25	Porosidad muy baja.

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

Materia orgánica	
Contenido%	Categoría
<1.0	Bajo
1.0-3.0	Medio
>3.0	Alto

ADRIANA MARIBEL CAISAGUANO VEGA  
ANALISTA TÉCNICO

ING CELENA GEOCONDA AGUILERA SANCHEZ  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Fuente: (Caisaguano, 2023)

**Tabla 27.** Resultado del laboratorio INIAP y del laboratorio de la UTC

	<b>INIAP</b>	<b>UTC</b>
<b>Ph</b>	7,48	7,91
<b>Nitrógeno N</b>	75,90	68,44
<b>Potasio K</b>	0,50	0,21
<b>Calcio Ca</b>	14,28	9,40
<b>Materia orgánica</b>	2,40	2,26
<b>Textura</b>	Franco Arenoso	Franco Arenoso

**Fuente:** (Caisaguano, 2023)

**Tabla 28.** Resultados del porcentaje de error

	<b>% Error</b>
<b>pH</b>	5,74
<b>Nitrógeno N</b>	9,82
<b>Potasio K</b>	5,80
<b>Calcio Ca</b>	34,17
<b>Materia orgánica</b>	5,83

Según la tabla 14 en el pH se obtuvo una confiabilidad del 94,26 %, en el Nitrógeno una confiabilidad del 90,18 %, en el Potasio una confiabilidad del 94,20, Calcio una confiabilidad del 65,83 % y Materia orgánica una confiabilidad del 94,17. Los resultados obtenidos del laboratorio del INIAP comparados con los del laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los porcentajes de confiabilidad del pH, Nitrógeno, Potasio y Materia orgánica son aceptables, mientras que en el Calcio el porcentaje de confiabilidad es 65,83 %, esto ocurre debido a las diferentes metodologías y métodos de extracción de solución, el laboratorio de suelos de la UTC no cuentan con el ambiente adecuado, no existe calibración anual de los equipos, según (Rayo et al., 2017) los porcentajes menores al 30 % de error con una confiabilidad del 70% son los más admitidos.

## 12. CONCLUSIONES

1. Se establece un compendio de técnicas de determinación de las propiedades físicas y químicas de suelo para el laboratorio de suelos la Universidad Técnica de Cotopaxi.
2. Se corrobora que los resultados obtenidos en el laboratorio de suelo de la Universidad Técnica de Cotopaxi como: la textura tiene 100% de confiabilidad, el pH, materia orgánica, nitrógeno y potasio tienen un porcentaje de confiabilidad por encima del 93,20 % excepto el calcio que tiene un nivel de confiabilidad del 65,83 %.
3. Se concluyó que el porcentaje de confiabilidad bajo, se debe al tipo de método de extracción ejecutada en los 2 laboratorios.

## 13. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la misma investigación incluyendo los datos de un tercer laboratorio.
2. Evaluar tipos de métodos de extracción para determinar Calcio.
3. Evaluar los parámetros con confiabilidad alta, utilizando otros métodos de extracción adaptadas al laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-González, A., Martín-Alonso, G. M., Mejía-Franco, L. C., López-Vdovenko, E., & Rodríguez-Yon, Y. (2021). *Algunas propiedades físicas, químicas y microbiológicas de un suelo agrícola en Darién, República de Panamá*. 42.
- Américo, J., & Hossne, G. (2008). LA DENSIDAD APARENTE Y SUS IMPLICACIONES AGRÍCOLAS EN EL PROCESO EXPANSIÓN/CONTRACCIÓN DEL SUELO. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57313050001.pdf>
- Barrezueta-Unda, S., Cervantes-Alava, A., Ullauri-Espinoza, M., Barrera-Leon, J., & Condoy-Gorotiza, A. (2020). EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE IGNICIÓN PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA PROVINCIA EL ORO-ECUADOR. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 19(2), 25-36. <https://doi.org/10.14409/fa.v19i2.9747>

- Bernal-Fundora, A., Hernández-Jiménez, A., González-Cañizares, P. J., & Cabrera-Rodríguez, A. (2019). *Caracterización de dos tipos de suelos dedicados a la producción de plantas forrajeras*. 40(3).
- Bernier, R., & Undurraga, P. (2020). Técnica de muestreo de suelo para análisis de fertilidad. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8314/1.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Bravo, A. N., Sandoval, B. F., & Sangerman-Jarquín, D. M. (s. f.). *Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos*.
- Cabrera, S., Irigaray, R., & Míguez, D. (2010). Estudio comparativo de la determinación del tamaño de partícula por dos métodos: tamizado en seco y difracción láser. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/6061/606166710004.pdf>
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- Calva, C., & Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.505>
- Castillo, D. I., Corral, J. A. R., Eguiarte, D. R. G., Garnica, J. G. F., & Padilla, D. (s. f.). *DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL pH DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE ZAPOPAN, JALISCO, MÉXICO*.
- Contreras Santos, J. L., Martínez Atencia, J., Falla Guzmán, C. K., Garrido Pineda, J. F., & Rodríguez Vitola, J. L. (2021). Characterization of livestock systems in the dry Caribbean for quantification of soil quality indicators. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i2.47768>
- Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R. A., Chávez-Hernández, M. H., & Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(3), 475-480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>

- Cueto, O. G., Coronel, C. E. I., Suárez, M. H., & Bravo, E. L. (2008). *Efecto de la humedad y la presión sobre el suelo en la porosidad total de un Rhodic Ferralsol*. 17(2).
- Chávez, A. (2015). Determinación de la capacidad de intercambio. Obtenido de [https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/165e509b-152c-4780-b524-c874b297e16e/content#:~:text=CICe%20%3D%20bases%20\(Ca%2C%20Mg,de%20la%20soluci%C3%B3n%20del%20suelo.](https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/165e509b-152c-4780-b524-c874b297e16e/content#:~:text=CICe%20%3D%20bases%20(Ca%2C%20Mg,de%20la%20soluci%C3%B3n%20del%20suelo.)
- Estrada, C. R., & Ramírez, M. A. (2013). *Usos óptimos del suelo bajo enfoques ambientales y económicos*.
- Faita, E. C., Ros, M. Á., & Buiani, A. R. G. (2015). *FORMULACIÓN DE UN ÍNDICE DE CALIDAD EDÁFICA PARA ARGIUDOLES DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO LUJÁN*.
- Fundora, A. B. (2017). *INFLUENCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE USO DEL SUELO SOBRE SU ESTRUCTURA*. 38(4).
- FAO. (2015). Los suelos están en peligro, pero la degradación puede revertirse. Obtenido de <https://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/#:~:text=En%20particular%2C%20el%2033%20por,contaminaci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%20de%20los%20suelos.>
- Farbe. (2021). Indicador de pH. Obtenido de <https://farbe.com.mx/indicadores-de-ph/>
- García, J. (s. f.). *EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO: INFLUENCIA DE LOS TIEMPOS DE LECTURAS EN EL CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN SUELOS DE LA HABANA*.
- García, Y. (2012). *Indicadores de la calidad de los suelos: Una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource*. 35(2).
- González, H. M., & Coronado, J. G. (2007). *El método del hidrómetro: Base teórica para su empleo en la determinación de la distribución del tamaño de partículas de suelo*. 16(3).
- González-Barrios, J. L., González-Cervantes, G., & Chávez-Ramírez, E. (2012). *Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas*.
- Gómez, J. C. (2013). *Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos*. TOLIMA. Obtenido de [file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/practicas\\_campo\\_laboratorio\\_suelos.pdf%3Bjsessionid=9653C90140646D177B3245EB9C6DC940%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf%3Bjsessionid=9653C90140646D177B3245EB9C6DC940%20(1)%20(1).pdf)
- Google Earth. (17 de Julio de 2023). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth: <https://www.google.com/maps/place/0%C2%B051'45.4%22S+78%C2%B042'42.7%22W>

/@-0.8626013,-78.7140515,17z/data=!4m4!3m3!8m2!3d-0.8626013!4d-78.7118628!5m1!1e4?hl=es&entry=ttu

- Guadalupe, J., & Emmanuel, J. (2017). *ACCIONES PARA CONSERVACIÓN DE SUELOS IDENTIFICADAS MEDIANTE ÍNDICES KAPPA AL NORESTE DE DURANGO, MÉXICO*.
- Henríquez, M., Pérez, J., & Gascó, J. M. (2005). *DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN ARENA Y CAOLÍN USANDO ACETATO DE AMONIO, ACETATO DE SODIO Y CLORURO DE AMONIO*. 17.
- INIAP. (2021). Manual del cultivo de papa para pequeños productores (3.<sup>a</sup> edición). En M. Racines, X. Cuesta, & C. Castillo. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/MANUAL%20DE%20PAPA%202020%203era%20edici%C3%B3n.pdf  
*Iniapsc635.65E17p12.pdf*. (s. f.).
- Jiménez, A. S., & Khalajabadi, S. S. (s. f.). *LA DENSIDAD APARENTE Y SU RELACIÓN CON OTRAS PROPIEDADES EN SUELOS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA*.
- Leyva R., S. L., Baldoquín P., A., & Reyes O., M. (2018). Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios, Las Tunas, Cuba. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 36. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.81>
- López, G. J. C. (2018). *¿Cómo incrementar la materia orgánica del suelo en la actividad ganadera del trópico?* 22.
- López, G. J. C. (2020). *Factores que influyen en el manejo integrado de nutrientes para la producción agrícola*. 24.
- Márgez, J. P. F., Córdoba, C. V., Ávila, P. O., Díaz, B. C., & Shukla, M. K. (2013). *Textura del suelo y tipo de agua de riego en la disponibilidad de fósforo de estiércol bovino*.
- Márquez-Vasallo, Y., Salomón-Díaz, J. L., & Acosta-Roca, R. (2020). *Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.)*. 41(1).
- Martín, G. M., Espinosa, R. R., Fundora, L. R., Cabrera, A., & Martín, N. (2018). *EVOLUCIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO DESPUÉS DE 20 AÑOS DE EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA*. 39(4).
- Medina-Méndez, J., Volke-Haller, V., González-Ríos, J., Galvis-Spínola, A., & Santiago-Cruz, M. (2006). *CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO A TRAVÉS DEL*

*TIEMPO EN LOS SISTEMAS DE MAÍZ BAJO TEMPORAL Y MANGO BAJO RIEGO EN LUVISOLES DEL ESTADO DE CAMPECHE.*

- Mendoza, T., & Block, D. (s. f.). *El porcentaje: Lugar de encuentro de las razones, fracciones y decimales en las matemáticas escolares.*
- Montatixe Sánchez, C. I., & Eche Enriquez, M. D. (2021). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra*, 8(1). <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
- Mota, J. (2023). Porcentaje de error aceptable. Obtenido de <https://www.appinio.com/es/blog/investigacion-de-mercados/margen-error-tamano-muestra#:~:text=Un%20margen%20de%20error%20aceptable,nivel%20de%20confianza%20del%2095%25.&text=La%20probabilidad%20de%20que%20la,habitual%20es%20utilizar%20el%2095%25>.
- Nieto C., C., Lescano R., M. B., & Mejía S., M. (2017). Influencia de la aptitud natural de uso del suelo en la pobreza y desnutrición de la población rural en la provincia de Cotopaxi, Sierra Centro del Ecuador. *Siembra*, 4(1), 1-20. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.295>
- Novillo Espinoza, I. D., Carrillo Zenteno, M. D., Cargua Chavez, J. E., Nabel Moreiral, V., Albán Solarte, K. E., & Morales Intriago, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177-187. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1301>
- Oseguera, C. A. R., Ramírez, A. E. C., Martínez, N. S. L., & Solís, J. D. Á. (2019). *Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuate (Arachis hypogaea L.) Vermicompost to recover the fertility of sandy loam soil and peanut (Arachis hypogaea L.) yield.*
- Perea, Y. E., Batis, B. V., García, Y. M. R., Suárez, J. R., Osoria, O. R., & Fonseca, R. R. (2021). *Propiedades físicas del suelo en cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba.*
- Pina, N. C. A., & de Armas, J. M. (2015). *La aptitud de los suelos para la producción de caña de azúcar. Parte I. Calibración en condiciones experimentales y de producción.*
- Rayo, I., José, J., & Suárez, A. (2017). *INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO PARA EVALUAR SU FERTILIDAD.*

- Rodríguez, B. (2004). *PROPIEDADES QUÍMICO-ESTRUCTURALES DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN UN AGRO SISTEMA DE LOS LLANOS CENTRALES VENEZOLANOS BAJO DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO*. 29.
- Rodríguez, Y. B., & Camacho, I. R. (2009). *Las propiedades químicas del suelo para definir la zona de aplicación del laboreo localizado en los suelos arcillosos pesados*. 18(3).
- Rojas, A. E., & Ibarra, J. (s. f.). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *POBLACIÓN Y DESARROLLO*.
- Rosales, A. P., Spínola, A. G., Montoya, R. B., Mendoza, T. M. H., & Peña, A. V. (s. f.). *Capacidad de intercambio catiónico: Descripción del método de la tiourea de plata (AgTU+n)\**  
*Cation exchange capacity: Description of the silver thiourea method (AgTU+n)*.
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 529-541.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num3\\_art:742](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:742)
- Schweizer, S. (2011). MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELOS PARA DIAGNÓSTICO DE FERTILIDAD. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Torres, D., Rodríguez, N., Yendis, H., & Florentino, A. (2006). *CAMBIOS EN ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO SEGÚN EL USO DE LA TIERRA EN EL SECTOR EL CEBOLLAL, ESTADO FALCÓN, VENEZUELA*. 18.
- Velazquez, R. V., Del Valle Holguín, W., Pallarozo Loo, R. I., & Duma Muñoz, K. I. (2022). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. *Revista Científica Sinapsis*, 2(21).  
<https://doi.org/10.37117/s.v2i21.534>
- 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>
- Zinck, A. (s. f.). *Suelos, información y sociedad*.