

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**PASANTÍA:**

**“ANÁLISIS QUÍMICO PARA LA DETERMINACIÓN DE FERTILIDAD DE SUELOS EN  
EL LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA  
AGROPECUARIA Y FORESTAL “ENRIQUE ÁLVAREZ CÓRDOVA”**

**POR:**

**JIMÉNEZ PORTAL, KATHERINE STEPHANIE**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**



**PASANTÍA:**

**“ANÁLISIS QUÍMICO PARA LA DETERMINACIÓN DE FERTILIDAD DE SUELOS EN  
EL LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA  
AGROPECUARIA Y FORESTAL “ENRIQUE ÁLVAREZ CÓRDOVA”**

**POR:**

**JIMÉNEZ PORTAL, KATHERINE STEPHANIE: COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

Ing. Agr. MSC. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

**SECRETARIO GENERAL:**

Lic. Pedro Rosalío Escobar

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

Ing. Agr. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado

**SECRETARIO:**

Ing. Agr. MSC. Balmore Martínez Sierra

Esta pasantía profesional fue realizada bajo la dirección del comité de Investigación indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el Título de:

## **Ingeniero Agrónomo**

### **Comité de Pasantía Profesional**

---

Ing. Agr. Angela Pabón Flores de Lara  
Tutor de Pasantía Profesional

---

Ing. Agr. Claudia María Lino Rodríguez  
Tutor de Pasantía Profesional

---

Ing. M. Sc. José Mauricio Tejada Ascencio  
Jefe Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

---

Ing. Agr. Juan Gerardo Marroquín Reina  
Coordinador de Procesos de Graduación Departamento de Recursos Naturales y  
Medio Ambiente.

## **Dedicatoria**

Principalmente a Dios, por brindarme la sabiduría y fuerzas necesarias para culminar mis estudios superiores e iluminarme en los momentos difíciles todos estos años.

A mis padres Claudia Elizabeth Portal Vda. De Jiménez y Víctor Eviel Jiménez Machado para ellos con todo el amor, admiración y respeto, por todo el esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional que me brindaron para poder culminar mi carrera, especialmente a mi madre por estar junto a mi para combatir todas adversidades que se presentaron en este camino, pero juntas pudimos superarlo todo y ahora recogemos los frutos de nuestra siembra, te amo mucho.

A la memoria de mi ángel, Beatriz Meléndez Vda. de Portal, quien fue mi mayor ejemplo a seguir, por haberme dado grandes lecciones de esfuerzo y dedicación. De la misma forma, no puedo dejar de mencionar a mi hermana Sofia Yamileth Jiménez Portal, por todas sus palabras de aliento, por creer en mi y por su acompañamiento incondicional.

A mi abuela Marta Ruano y mi abuelo papá Emilio Portal, por haberme educado junto a mis padres, por estar presentes en cada momento importante de mi vida, por sus consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento.

A mi madrina, mis tías, primas, amigos/as y cada persona especial de mi vida que aportó un granito de arena para el logro de mis objetivos, gracias por su apoyo y aliento a lo largo de mi carrera universitaria.

## **Agradecimientos**

A Dios y a la Virgen María, gracias por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias, por guiarme y acompañarme en cada momento de dificultad.

A mis tutoras Ing. Agr. Angela Pabón Flores de Lara y Ing. Agr. Claudia María Lino Rodríguez por brindarme todo su apoyo, enseñanzas, aportes y consejos a lo largo del proceso de mi pasantía profesional.

Al personal técnico y secretaria del laboratorio de suelos del CENTA, por sus enseñanzas, apoyo y consejos.

Al personal docente y secretaria del departamento de recursos naturales y medio ambiente, por brindarme su apoyo en todo el proceso de mi pasantía profesional.

## ÍNDICE

I. Introducción.....	1
II. Información de la unidad productiva.....	3
2.1. Datos generales .....	3
2.1.1. Localización.....	3
2.1.2. Antecedentes .....	3
2.1.3 Recursos .....	6
2.1.3.1 Centros experimentales.....	6
2.1.3.2 Instalaciones y equipos .....	6
2.1.3.3 Humanos .....	7
2.2 Programas actuales .....	7
2.2.1 Actividad principal y otras.....	7
2.2.2 Situación técnica .....	8
2.2.3 Situación Administrativa .....	9
III. Importancia del Laboratorio de suelos en el sector Agropecuario.....	10
IV. Determinaciones realizadas durante el desarrollo de la pasantía.....	11
V. Resultados y discusión .....	18
VI. Conclusiones .....	33
VII. Recomendaciones .....	34
VIII. Bibliografías .....	35
IX. Anexos.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” .....	3
Figura 2. Mapa conceptual para la determinación del porcentaje de materia orgánica.....	11
Figura 3. Mapa conceptual para la determinación de pH en agua. ....	12
Figura 4. Mapa conceptual para la determinación de pH en KCl. ....	13
Figura 5. Mapa conceptual para el proceso de análisis de fósforo (P).....	14
Figura 6. Mapa conceptual para el proceso de análisis de potasio (K). ....	15
Figura 7. Mapa conceptual para el proceso de extracción de Ca, Na y Mg. ....	16
Figura 8. Mapa conceptual para el proceso de análisis de acidez intercambiable.....	17

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Paquetes de análisis físico-químico del Laboratorio de suelos del CENTA. .....	18
Cuadro 2. Número de muestras de Materia Orgánica.....	19
Cuadro 3. Número de muestras analizadas de pH en agua.....	20
Cuadro 4. Número de muestras analizadas de pH en KCL.....	21
Cuadro 5. Número de muestras analizadas de fósforo (P) y potasio (K) .....	22
Cuadro 6. Número de muestras analizadas de calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) .....	23
Cuadro 7. Número de muestras analizadas para acidez intercambiable .....	24
Cuadro 8. Recomendaciones técnicas de fertilización que se realizaron durante la pasantía de práctica profesional.....	26
Cuadro 9. Cálculo del déficit de las bases .....	27
Cuadro 10. Factores utilizados en las ecuaciones .....	28
Cuadro 11. Recomendación de fertilización en cultivo de café .....	32

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Número de muestras analizadas para determinar % de materia orgánica .....	19
Gráfica 2. Número de muestras analizadas para determinar pH en agua.....	20
Gráfica 3. Número de muestras analizadas para determinar pH en KCL.....	21
Gráfica 4. Número de muestras analizadas para determinar fósforo y potasio .....	22
Gráfica 5. Número de muestras analizadas para determinar calcio, magnesio y sodio.....	23
Gráfica 6. Numero de muestras analizadas para determinar acidez intercambiable .....	24

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recepción de muestras de suelo .....	37
Anexo 2. Muestras preparadas para ingresar al laboratorio de suelos .....	37
Anexo 3. Muestras preparadas para ingresar a estufa por 24 hrs.....	38
Anexo 4. Capacitación de análisis de textura por Bouyoucos a los alumnos de la Universidad Técnica Latinoamericana UTLA. ....	38

Anexo 5. Preparación de Dicromato de Potasio para análisis de materia orgánica. .....	39
Anexo 6. Agregando dicromato de potasio a las muestras para determinar % de materia orgánica.....	39
Anexo 7. Toma de muestras para la determinación de pH en agua.....	40
Anexo 8. Toma de lecturas de pH en suelo en KCL.....	40
Anexo 9. Filtrado de muestras para determinar fósforo y potasio. ....	41
Anexo 10. Realización de lecturas de fósforo en equipo colorimétrico .....	41
Anexo 11. Pesaje de muestras para determinar macro y microelementos .....	42
Anexo 12. Pipeteado de muestras para determinar elementos mayores y menores .....	42
Anexo 13. Realización de lecturas en equipo de absorción atómica Perkin Elmer	43
Anexo 14. Realización de lecturas de calcio, magnesio y sodio en equipo de absorción atómica Shimadzu. ....	43
Anexo 15. Toma de muestra para determinar acidez intercambiable. ....	44
Anexo 16. Añadiendo indicador azul de bromothymol para determinar acidez intercambiable .....	44
Anexo 17. Titulación con Hidróxido de sodio para determinar acidez intercambiable .....	45
Anexo 18. Impresión de resultados de los análisis del laboratorio de suelos.....	45
Anexo 19. Titulación para determinar acidez total.....	46
Anexo 20. Lectura con hidrómetro para determinación de textura de suelo por el método de Bouyoucos.....	46
Anexo 21. Realización de inventario en laboratorio de suelos .....	47
Anexo 22. Participación en la quinta reunión de red latinoamericana de laboratorios de suelos LATSOLAN .....	47
Anexo 23. Selección de muestras para descarte del laboratorio de suelos .....	48
Anexo 24. Equipo de protección para descartar muestras de laboratorio de suelos. .....	48

## Resumen

En este informe final se presenta el desarrollo de la pasantía de práctica profesional denominada análisis químico para la determinación de fertilidad de suelos en el laboratorio de suelos del centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal "Enrique Álvarez Córdova" el cual se llevó a cabo en un período de 6 meses como requerimiento para optar al grado de ingeniero agrónomo, realizando una breve reseña histórica sobre la institución exponiendo los cambios sufridos de acuerdo con las necesidades del país, teniendo como objetivo el velar e impulsar de esta manera el desarrollo agropecuario nacional que asegura la producción de cultivos alimenticios. Así mismo, se reflejan las diferentes marchas analíticas desarrolladas durante este período como: determinación de porcentaje de materia orgánica, pH del suelo en agua y en KCL, rutina de fósforo y potasio, determinación de macro y microelementos. Del mismo modo, se ejercieron recomendaciones técnicas de fertilidad de suelos y enmiendas.

## **Abstract**

This final report presents the development of the internship of professional practice called chemical analysis for the determination of soil fertility in the soil laboratory of the national center of agricultural and forestry technology "Enrique Álvarez Córdova", which was carried out in a period of 6 months as a requirement to qualify for the degree of Agricultural Engineer, making a brief historical review of the institution exposing the changes suffered according to the needs of the country, with the objective of ensuring and promoting in this way the national agricultural development that ensures the production of food crops. Likewise, the different analytical marches developed during this period are reflected, such as: determination of percentage of organic matter, soil pH in water and KCL, phosphorus and potassium routine, determination of macro and microelements. Similarly, technical recommendations on soil fertility and amendments were exercised.

## **I. Introducción**

El suelo es una capa delgada que está compuesta por minerales, materia orgánica, aire, agua y pequeños organismos animales y vegetales. Esta capa se ha formado lentamente a través de los siglos con la desintegración de las rocas superficiales por acción del agua, cambios de temperatura y el viento (FAO, sf). Los suelos proporcionan los nutrientes esenciales, el agua, oxígeno y el sostén para las raíces de las plantas destinadas a la producción de alimentos, siendo estos nutrientes vitales para el desarrollo y crecimiento de los cultivos (FAO, 2015).

La fertilidad del suelo consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cada tipo de cultivo tiene requerimientos nutricionales y el suelo contiene esos elementos en cantidades variables que pueden o no satisfacer la demanda nutricional, aquí radica la importancia de conocer los resultados de análisis químicos de un suelo para implementar una adecuada fertilización (Sánchez, sf).

Por este motivo realizar análisis de suelos es muy importante ya que es una herramienta que nos permite monitorear el estado de la fertilidad del suelo, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización y conocer si la fertilidad del suelo aumenta, se mantiene o se reduce a través de los años (Múnera,2012).

Las recomendaciones de fertilización, tienen la función de predecir las cantidades de los nutrientes que los cultivos necesitan para complementar el suplemento de las reservas naturales en el suelo y así, poder lograr una producción satisfactoria de los cultivos permitiendo un uso correcto, tanto de fertilizantes químicos y orgánicos, como de enmiendas (Múnera,2012).

EL laboratorio de Suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal provee soluciones tecnológicas innovadoras al sector agropecuario y agroindustrial, para garantizar la seguridad alimentaria-nutricional y la calidad de vida de la población salvadoreña en armonía con el medio ambiente (CENTA,2020).

La práctica de pasantía profesional en análisis químico de suelos fue desarrollada en el Laboratorio de Suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova"; esta formación profesional comprendió realizar análisis químicos en muestras de suelos e interpretar sus resultados para elaborar recomendaciones de fertilización para diversos cultivos de importancia económica y así poder mejorar la producción agrícola mediante el uso racional de fertilizantes. Logrando con esto mejorar las condiciones socioeconómicas de los productores, lo cual incide en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria

## II. Información de la unidad productiva

### 2.1. Datos generales

#### 2.1.1. Localización

El CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”), está ubicado en el Km 33½ carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, La Libertad con coordenadas geográficas N 13° 80' y W 089° 40', a 473 metros sobre el nivel del mar (msnm). Como parte de los servicios que presta el CENTA están los análisis químicos de suelos, realizados dentro del laboratorio de suelos de dicha institución.



Figura 1. Ubicación geográfica del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”

Fuente: Google Earth 2021

#### 2.1.2. Antecedentes

El CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”), fue constituido como resultado de un convenio entre el Ministerio de Agricultura de El Salvador y el departamento de Agricultura de Estados Unidos firmado el 21 de octubre de 1942, declarándose en ese entonces como Centro

Nacional de Agronomía, en el cual como clausula primaria se fijaban las bases para fundar una estación agrícola experimental (CENTA,2013).

El Centro Nacional de Agronomía sus inicios fueron oficialmente el primero de junio de 1943 en la ceiba. Durante los dos siguientes años los trabajos se hicieron sin facilidades de terrenos ni laboratorios usando únicamente los edificios de la estación de la Ceiba en santa tecla donde actualmente se encuentran las oficinas administrativas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (CENTA,2013).

A inicios de 1945, mejoramiento social, por arreglos del ministerio de agricultura traspasó al Centro Nacional de Agronomía los terrenos que ocupa actualmente la estación experimental de San Andrés. Es en esta fecha que realmente empieza el trabajo del Centro Nacional de Agronomía (CNA) y funcionaron los departamentos de: 1. Agronomía, 2. Fitopatología, 3. Horticultura, 4. Ingeniería agrícola y química, los cuatro primeros a cargo de técnicos norteamericanos enviados por el gobierno de Estados Unidos y el último a cargo de un técnico salvadoreño (CENTA,2013).

El interés despertado por las actividades de extensión fue el que impulsó la idea de organizar el departamento de extensión a fines de 1947. En el año de 1951 extensión agrícola hizo más efectivos sus servicios al nombrar agentes agrícolas en 11 de los 14 departamentos de la república. A partir del primero de enero de 1954 el personal de la misión de operaciones de los Estados Unidos en El Salvador, asumió en la organización del Centro Nacional de Agronomía (CNA) las funciones de asesoría en lo que se refiere a información agropecuaria dejando las responsabilidades administrativas en manos de personal salvadoreño (CENTA,2013).

**DGIA (Dirección General de Investigaciones Agronómicas).** En 1960 los servicios y el aparato organizativo de SCASA (Servicio Cooperativo Agrícola Salvadoreño Americano) fueron entregados a la dirección general de investigaciones agronómicas (DGIA) nuevo organismo que tuvo a su cargo, a nivel nacional, mejorar la producción agrícola del país (CENTA,2013).

**CENTA.** En 1972 el entonces Ministro de Agricultura Enrique Álvarez Córdova, consideró que una nueva reestructuración del ministerio de agricultura era indispensable para adaptar la institución a los nuevos tiempos llevándose a cabo las siguientes acciones: concentrar las funciones de investigación, extensión agrícola y enseñanza agropecuaria de una única institución, que sería la dirección general de investigación y extensión agropecuaria y la escuela nacional de agricultura Roberto Quiñonez (ENA) fueron unificadas para formar en centro nacional de tecnología agropecuaria (CENTA,2013).

A partir de 1976, comenzaron a llegar variedades de frijol distribuidos por el Centro Internacional de Agricultura Teopical (CIAT), en ese mismo año producto de un nuevo acomodo institucional, la ENA se separó definitivamente del CENTA para formar parte del centro nacional de capacitación agropecuaria (CENCAP). En 1977, el CENTA se traslada a su ubicación actual, en el Valle de San Andrés (CENTA,2013).

**ISIAP (Instituto Salvadoreño de Investigación Agraria Pesquera) 1982.** Se ejecutó un nuevo proceso de reestructuración institucional, y en el marco de la ley básica de reforma agraria del año 1980 la junta revolucionaria de gobierno a través del MAG, estableció el instituto salvadoreño de investigación agraria pesquera (ISIAP) (CENTA,2013).

**CENTA 1983-1993** La asamblea constituyente de la república de El Salvador, el 17 de diciembre de 1982, disolvió el ISIAP y el ISCATT (Instituto Salvadoreño de Capacitación y Transferencia Tecnológica), restableciendo las instituciones previamente existentes entre ellas, el centro de tecnología agrícola (CENTA), especializándola nuevamente solo en el área de investigación agropecuaria (CENTA,2013).

Entre los años 1990 y 1991, el MAG con el apoyo del instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA) y la agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional (USAID) realizó un diagnóstico para impulsar un nuevo proceso de reorganización interna del MAG, que lo readecuara a la nueva realidad nacional, producto de los acuerdos de paz. Dadas las deficiencias administrativas

señaladas en el estudio, en 1993, fue iniciado un proceso de reestructuración institucional que culminó con la creación del Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) (CENTA,2013).

El actual CENTA fue creado por Decreto Legislativo No 462 de fecha 11 de marzo de 1993, con carácter autónomo y descentralizado, para responder a las demandas de tecnología del sector agropecuario. Actualmente el CENTA es una institución de carácter científico y técnico, con personalidad jurídica y patrimonio propio, con autonomía en lo administrativo, en lo económico y en lo técnico; adscrita al Ministerio de Agricultura y Ganadería (CENTA,2013).

### **2.1.3 Recursos**

#### **2.1.3.1 Centros experimentales**

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" cuenta con campos experimentales (San Andrés, Izalco y Santa Cruz Porrillo) donde se realizan actividades para la generación de nuevos materiales de granos básicos, hortalizas, frutales, cacao, pastos y forestales. Además de la unidad de tecnología de semillas y el banco de germoplasma.

#### **2.1.3.2 Instalaciones y equipos**

El CENTA cuenta con las oficinas administrativas, seis laboratorios: Tecnología de Alimentos, Biotecnología, Química Agrícola, Suelos, Microbiología y Parasitología Vegetal. Cuenta con un banco de Germoplasma, una Unidad de Tecnología de Semillas, tres Estaciones Experimentales (San Andrés, Izalco y Santa Cruz Porrillo), una planta procesadora de cacao y 40 Agencias de Extensión

Cada uno de los programas y actividades en laboratorios son ejecutados por equipos especializados. El Laboratorio de Suelos cuenta con instalaciones propias, equipos instrumentales, materiales y reactivos para realizar los análisis correspondientes.

### **2.1.3.3 Humanos**

El CENTA cuenta con 669 empleados, 31 investigadores destacados en los diferentes programas de investigación. Para el servicio de transferencia de tecnología existe personal técnico de 128 extensionistas destacados en 40 agencias de extensión, distribuidas a nivel nacional.

## **2.2 Programas actuales**

### **2.2.1 Actividad principal y otras**

La Gerencia de Investigación Tecnológica realiza su quehacer a través de los programas de Hortalizas, Frutales, Granos Básicos, Agroindustria, Desarrollo Forestal y Producción Animal. Ejecutados con el apoyo de los Laboratorios de Tecnología de Alimentos, Biotecnología, Química Agrícola, Suelos, Parasitología Vegetal y Microbiología, realizan investigaciones para mejorar los sistemas de producción de consumo interno, exportación y agroindustriales; contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la familia rural.

La actividad principal es la generación de información mediante las investigaciones ejecutadas en los diferentes programas, y la transferencia de tecnología. El laboratorio de suelos se concentra en análisis físico-químico de suelos, con el fin de proporcionar recomendaciones técnicas de fertilidad, para ello; oferta diferentes análisis a los productores y población en general

Otras fuentes de ingresos es la Venta de bienes y servicios a (MAG, asociaciones agropecuarias y empresas), Cooperación internacional y nacional (UE (Unión Europea), FANTEL (Fondo Especial de los Recursos provenientes de la privatización de ANTEL), FAO Reclima, IILA (Organización Internacional Ítalo-latinoamericana), KOLFACI (Iniciativa de Cooperación para la Alimentación y la Agricultura entre Corea y Latinoamérica), CRS (Catholic Relief Sevices), CIMMYT (El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Sembrando vida, Rural Adelante).

### 2.2.2 Situación técnica

Según CENTA (2020). El laboratorio de suelos cuenta con las siguientes funciones técnicas:

- Brindar servicios de análisis físico-químico de suelos a productores atendidos por Técnicos del CENTA, productores particulares, empresa privada, organizaciones no gubernamentales y estudiantes.
- Realizar análisis físico-químico de fertilidad de suelos.
- Interpretación de resultados de análisis de suelos y elaboración de recomendaciones técnicas de fertilización para diversos cultivos.
- Impartir capacitaciones a técnicos, productores y estudiantes en temas relacionados a la fertilidad del suelo.
- Atender a estudiantes de diferentes carreras y universidades que visitan con fines didácticos el Laboratorio de Suelos.
- Ejecutar proyectos de investigación en fertilidad para diversos cultivos.
- Facilitar el desarrollo de prácticas profesionales de estudiantes universitarios en carreras afines al área.
- Participar en eventos que se llevan a cabo por la Institución y gobierno central a nivel nacional.
- Elaborar documentación técnica.
- Formular y ejecutar protocolos de investigación en suelos.

### **2.2.3 Situación Administrativa**

Tiene como fin el coordinar, facilitar y asesorar el proceso de planificación institucional en el marco de la política agropecuaria, planes de gobierno y prioridades de investigación y transferencia de tecnología.

Para desarrollar las funciones asignadas el CENTA está constituido por 5 niveles organizativos que son:

- Nivel deliberativo – Decisorio: Junta directiva
- Nivel directivo: Dirección ejecutiva
- Decisorio- operativo: Gerencia de la administración de la calidad, gerencia de generación y transferencia de tecnología y gerencia de servicio técnicos.
- Unidades asesoras, de control y seguimiento.
- Unidades de ejecución operativa: Centro Regionales, centros de experimentación y transferencia (CET) y las unidades de transferencia y asistencia técnica (UTAT). (CENTA,2015).

### **III. Importancia del Laboratorio de suelos en el sector Agropecuario.**

Un análisis de suelo es una herramienta útil, que permite orientar sobre el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, así mismo un análisis debe de ser un método rápido y de bajo costo y debe de cumplir con la función de indicar los niveles nutricionales del suelo, siendo útil para el desarrollo de recomendaciones y manejo de nutrientes que busquen alcanzar altos rendimientos y rentabilidad en los cultivos de interés de los productores.

En el laboratorio de suelos se debe contar con el equipo en óptimas condiciones para llevar a cabo las diferentes marchas analíticas y garantizar de esta manera resultados de calidad sobre los cultivos de los productores, así mismo, debe de contar con un personal técnico siendo necesario que este personal conozca la química del suelo, la relación de sus nutrimentos, el comportamiento y necesidades particulares de los cultivos, del mismo modo deben de poseer conocimiento sobre las técnicas para desarrollar correctamente los análisis químicos y utilizados dentro del laboratorio de suelos para lograr obtener resultados de calidad, ya que el propósito principal de los análisis de suelos es implementar recomendaciones técnicas en los cultivos de los productores, para reducir los costos de producción, manteniendo el rendimiento por área y mejorando la productividad, contribuyendo a una agricultura sostenible que mejore las condiciones socioeconómicas y medioambientales.

#### IV. Determinaciones realizadas durante el desarrollo de la pasantía.

Durante el período en que se realizó la pasantía en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" como auxiliar de laboratorio, se desarrollaron las diferentes metodologías analíticas para llevar a cabo los siguientes análisis químicos de suelos

##### Determinación de Porcentaje Materia Orgánica (%M. O)

1. Se tamizó el suelo seco en un tamiz de 0.5 mm.
2. Luego se pesaron 0.2500 gr de suelo en una balanza analítica.
3. Después se colocó la muestra ya pesada en un Erlenmeyer de 500 ml.
4. Se le agregaron 10 ml de Dicromato de Potasio con una bureta de 100 ml.
5. También se le agregó 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y se dejó en reposo durante 30 minutos en la cámara extractora de gases.
6. Posteriormente se agregaron 300 ml de agua destilada y 10 ml de ácido fosfórico.
7. Se agregaron 3 gotas de indicador Difenilamina disuelto en 100 ml de ácido sulfúrico al 98%.
8. Luego se tituló con sulfato ferroso en una bureta y se observó el viraje de color café oscuro a color verde esmeralda.
9. De este procedimiento se anota los ml gastados en la titulación con sulfato ferroso y son procesados a través de un programa del laboratorio, obteniendo como resultado final el porcentaje de materia orgánica.



Figura 2. Mapa conceptual para la determinación del porcentaje de materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia.

## Determinación de pH en agua

1. Se pesaron 10 gramos de suelo y se depositaron en los recipientes contenidos en una gradilla.
2. Se le agregaron 1:2,5 ml de agua destilada.
3. Se agitaron en el agitador eléctrico por 5 minutos.
4. Al pasar los 5 minutos se bajó la gradilla del agitador eléctrico y se continuó agitando por 1 minuto más de forma manual.
5. Luego se calibró el pH-metro con soluciones buffer 4 y 7.
6. Una vez calibrado el equipo se introdujo el electrodo y se procedió hacer las mediciones de pH a cada muestra.

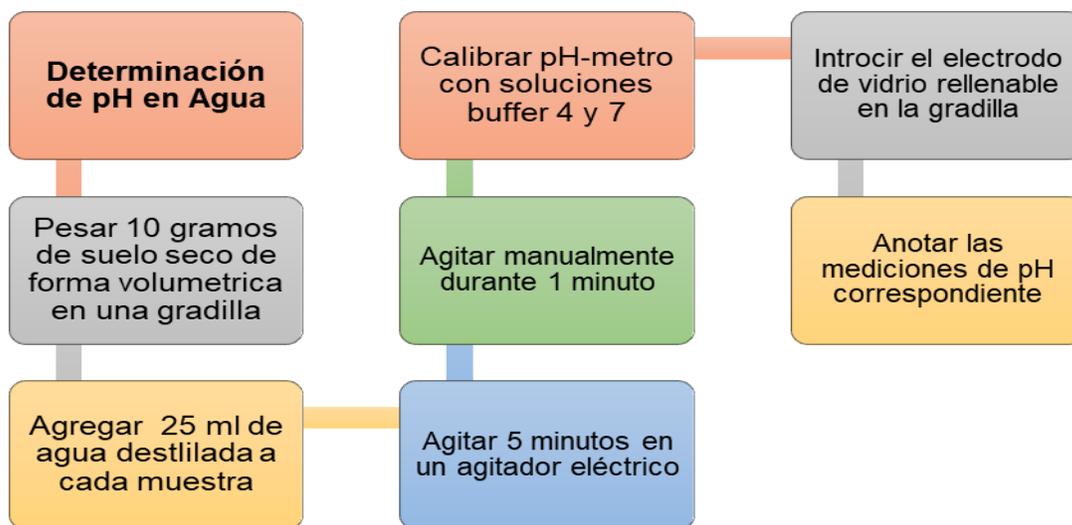


Figura 3. Mapa conceptual para la determinación de pH en agua.

Fuente: Elaboración propia.

## Determinación de pH en KCL

1. Se pesaron 10 gramos de suelo seco de forma volumétrica en una gradilla.
2. Se agregaron 25 ml de Cloruro de Potasio (KCl 1N) con un dispensador.
3. Se agitaron con un agitador eléctrico durante 5 minutos.
4. Después se continuó agitando por 1 minuto más de forma manual.
5. Luego se calibró el pH-metro con soluciones buffer 4 y 7.
6. Una vez calibrado el equipo se introdujo y se hicieron las mediciones de pH de cada muestra.

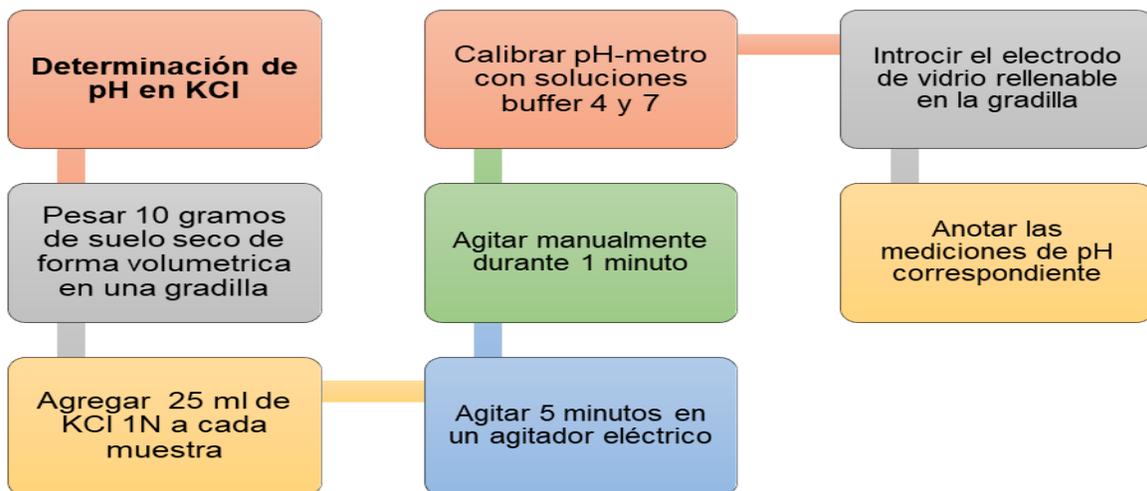


Figura 4. Mapa conceptual para la determinación de pH en KCl.

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis de Fósforo (P)

1. Se pesaron 5 gramos de suelo y se agregaron a los recipientes contenidos en las gradillas.
2. Posteriormente se agregaron 200 miligramos de carbón activado a cada muestra y se agregaron 25 ml de solución extractora Carolina del Norte.
3. Se colocaron en el agitador por 5 minutos.
4. En otros recipientes contenidos en gradillas se colocó papel filtro.
5. Se sacaron las gradillas del agitador y se colocaron las muestras en los recipientes contenidos en las gradillas con papel filtro y se esperó hasta que se filtrara toda la muestra.
6. Después del filtrado se descartó el papel filtro y se tomaron 5 ml con una pipeta volumétrica.
7. Se colocaron los 5 ml en unos tubos de ensayo.
8. Luego se midieron partes iguales de molibdato y vanadato de amonio y se mezclaron.
9. Después se agregaron 2 ml del reactivo anterior a cada muestra y se dejó reposar 20 minutos.
10. Luego se procedió a encender el equipo y se dejó estabilizar unos 20 minutos, después de transcurrido los 20 minutos se procedió a realizar las lecturas de fósforo en el colorímetro.

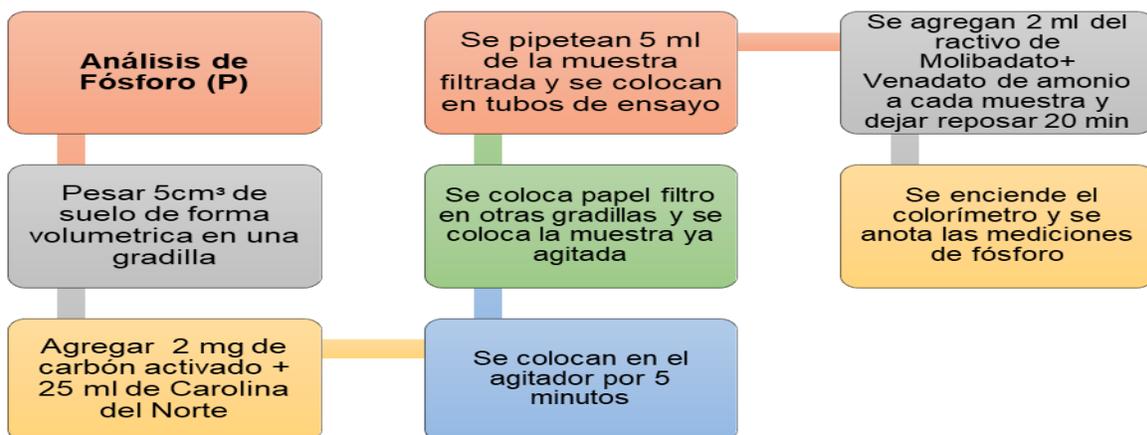


Figura 5. Mapa conceptual para el proceso de análisis de fósforo (P).

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis de Potasio (K)

1. Se pesaron 5 gramos de suelo y se agregaron a los recipientes contenidos en las gradillas.
2. Posteriormente se agregaron 200 miligramos de carbón activado a cada muestra y se agregaron 25 ml de solución extractora Carolina del Norte.
3. La gradilla se colocó en el agitador por 5 minutos.
4. En los recipientes contenidos en otra gradilla se colocó papel filtro.
5. Se sacaron las gradillas del agitador y se vertieron las muestras en los recipientes con papel filtro y se esperó hasta que se filtrara toda la muestra.
6. Después del filtrado se retiró el papel filtro y se tomaron 5 ml con una pipeta volumétrica.
7. Estos 5 ml se colocaron en tubos de ensayo plásticos.
8. Luego se aplicó 25 ml de solución extractora Carolina del Norte a cada muestra.
9. Se agregaron las muestras a unos tubos de ensayo de vidrio para proceder a leer en el Espectrofotómetro SHIMADZU AA-7000 o Perkin.

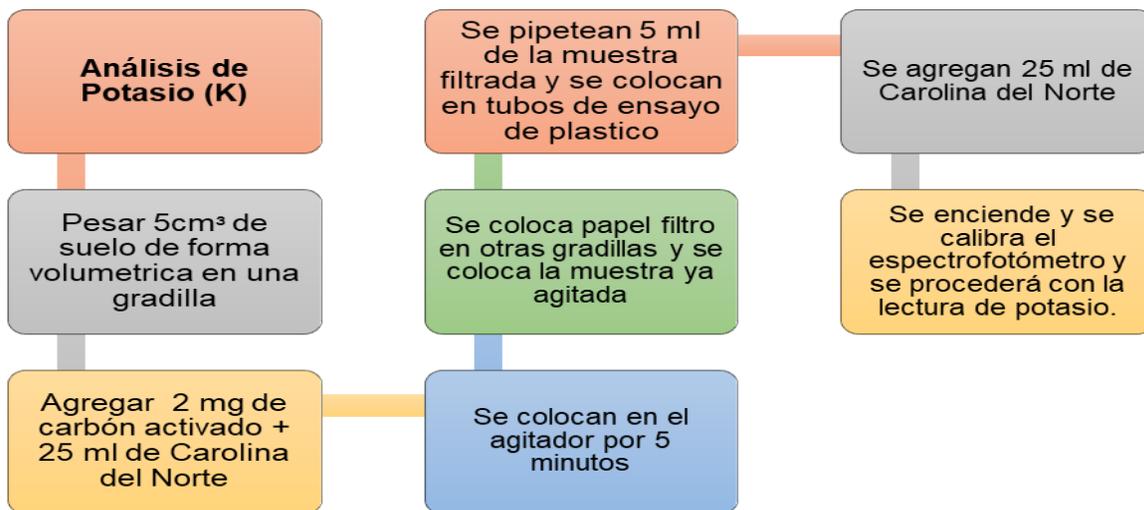


Figura 6. Mapa conceptual para el proceso de análisis de potasio (K).

Fuente: Elaboración propia.

## Extracción de Ca, Mg y Na

1. En un tubo de centrifuga se pesaron 2 gramos de una muestra de suelo.
2. Luego se añadieron 20 ml de Cloruro de potasio 1 N.
3. Se agitó durante 10 minutos en un agitador orbital y se centrifugaron durante 10 minutos.
4. Después de centrifugar se filtró el precipitado con ayuda de los embudos y del papel filtro y se obtuvo el extracto de la muestra de suelo.
5. Para extraer Ca y Mg se pipetearon 0.5 ml del extracto y se diluyeron en otro tubo de centrifuga añadiendo 20 ml de Cloruro de Lantano ( $\text{LaCl}_3$ ).
6. Y para extraer Na se pipetearon 0.5 ml del extracto y se diluyeron en un tubo de centrifuga añadiendo 10 ml de Cloruro de Lantano ( $\text{LaCl}_3$ ).
7. Por último, se leyeron las concentraciones de cada elemento con el espectrofotómetro de absorción atómica.

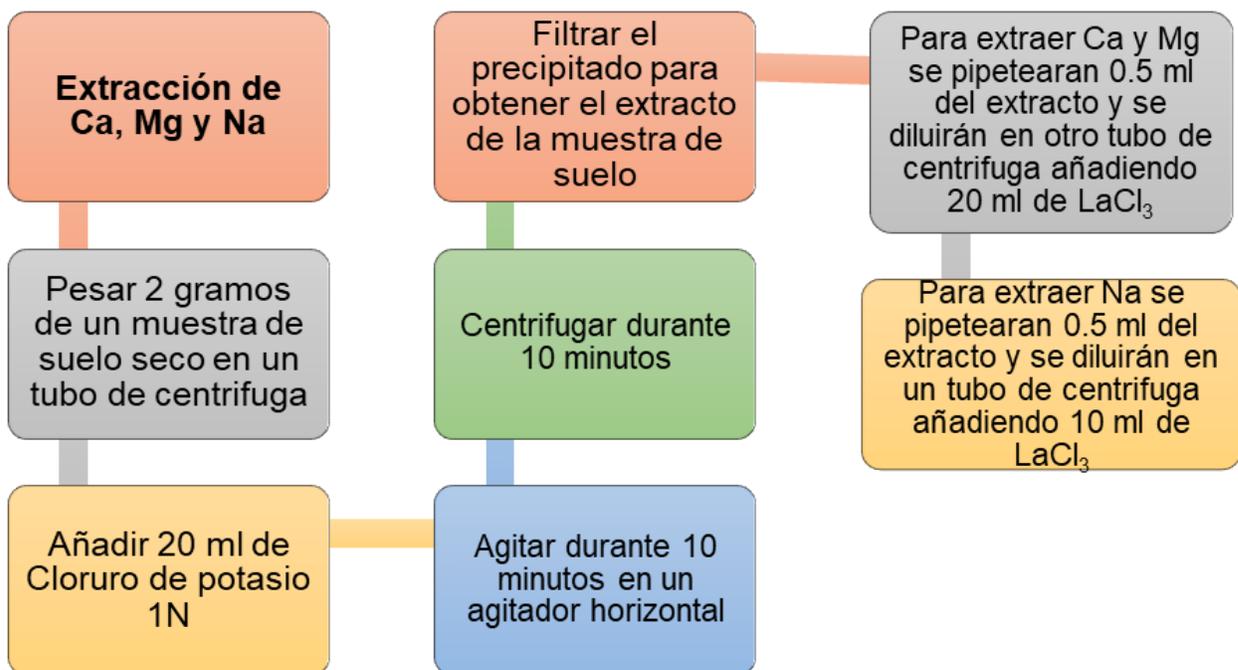


Figura 7. Mapa conceptual para el proceso de extracción de Ca, Na y Mg.

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis de Acidez Intercambiable

En este análisis es utilizado el filtrado del proceso de extracción de Ca, Mg y Na.

1. Se preparó la Microbureta con titulante hidróxido de sodio 0.01N.
2. Se pipetearon 10 ml de cada muestra y se colocaron en bikers o Erlenmeyers.
3. A cada muestra se le agregaron 3 gotas de indicador azul de bromothymol.
4. Se titularon las muestras con hidróxido de sodio hasta el cambio de color amarillo a aqua.
5. Después de la titulación se procedió a anotar lo gastado del titulante en las bitácoras.

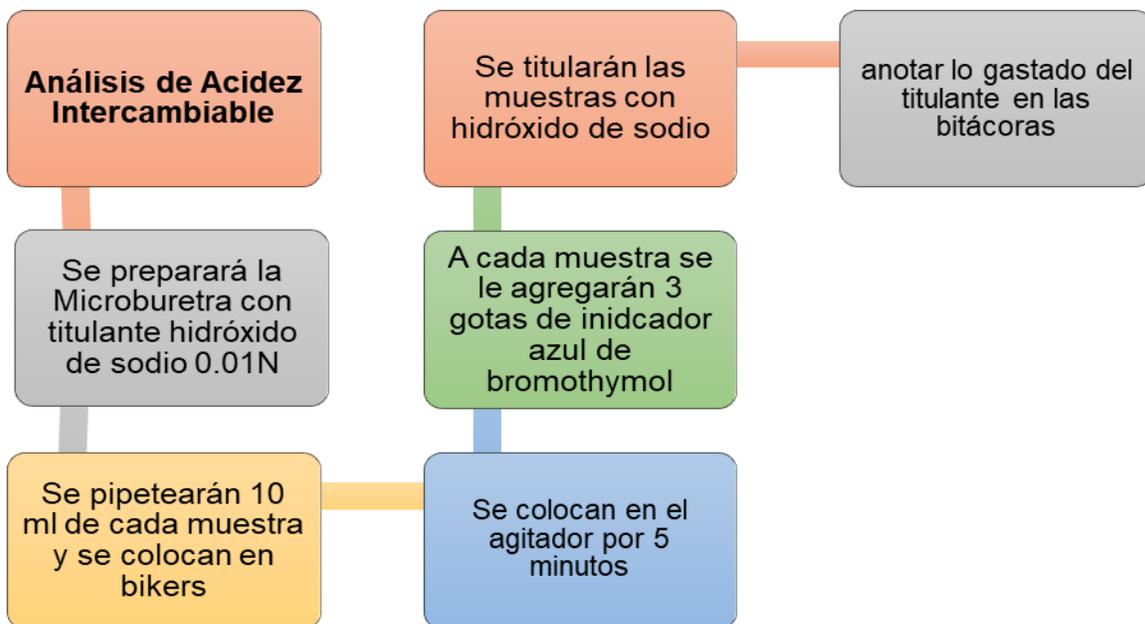


Figura 8. Mapa conceptual para el proceso de análisis de acidez intercambiable.

Fuente: Elaboración propia.

## V. Resultados y discusión

El laboratorio de suelos de CENTA ofrece los siguientes paquetes de análisis físico-químico para determinar y realizar una correcta interpretación de fertilidad de suelos y así mejorar la productividad de los cultivos.

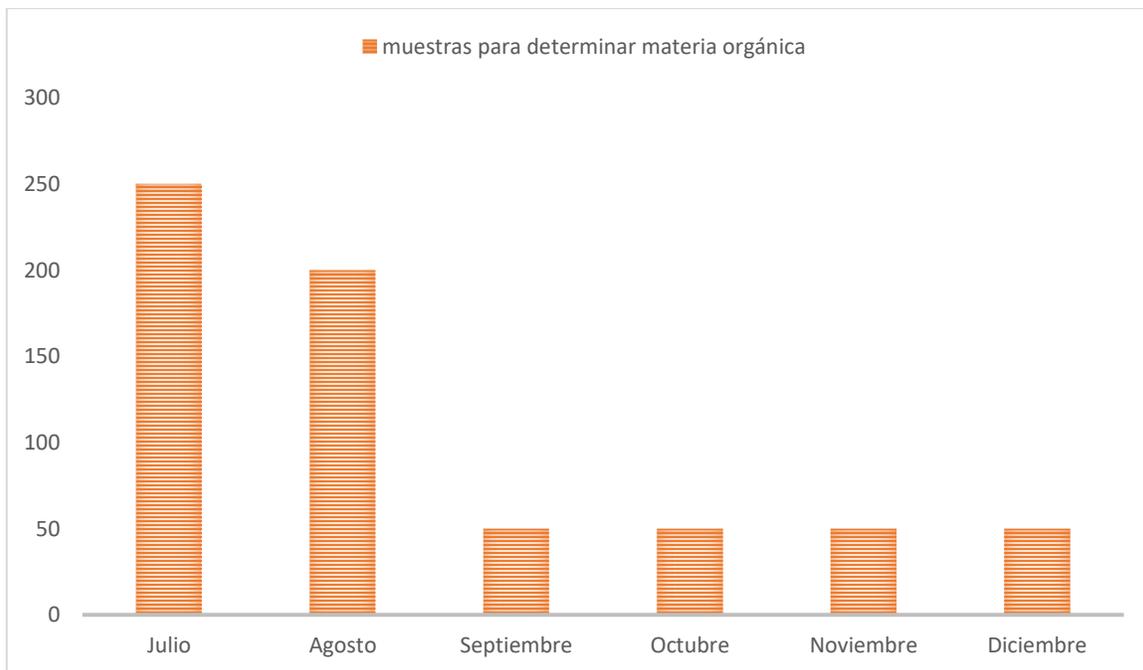
Cuadro 1. Paquetes de análisis físico-químico del Laboratorio de suelos del CENTA.

Análisis completo de suelos	Textura al tacto, pH en agua, P, K Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, Acidez intercambiable, % de materia orgánica
Análisis de rutina de café	Textura al tacto, pH en agua, pH en KCL, P, K, Ca, Mg, Zn, % de materia orgánica, Acidez intercambiable, Acidez total, CICE Y CICT
Análisis de rutina	Textura al tacto, pH en agua, P y K.

Durante el desarrollo de la pasantía se llevaron a cabo las diferentes metodologías de análisis químicos de laboratorio, donde se colaboró como auxiliar realizando las siguientes actividades:

Cuadro 2. Número de muestras de Materia Orgánica

Mes	Número de muestras analizadas para materia orgánica
Julio	250
Agosto	200
Septiembre	50
Octubre	50
Noviembre	50
Diciembre	50
<b>Total</b>	<b>650</b>

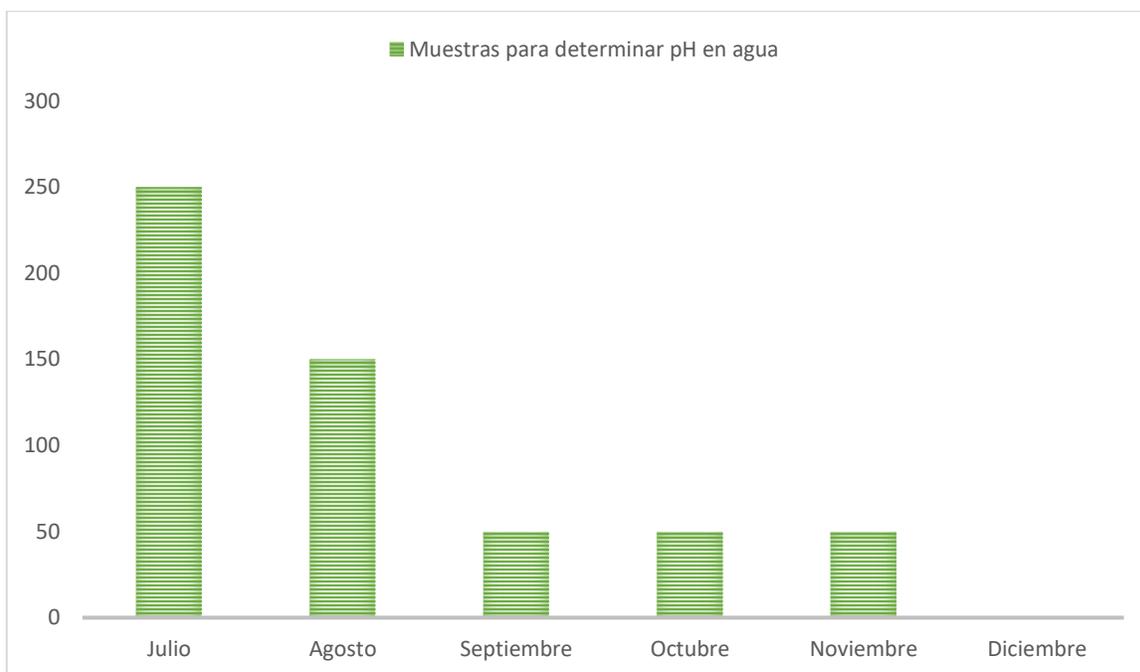


Gráfica 1. Número de muestras analizadas para determinar % de materia orgánica

En la gráfica 1, se presentan el número de muestras de suelo que fueron analizadas mensualmente como auxiliar de laboratorio para determinar porcentaje de materia orgánica.

Cuadro 3. Número de muestras analizadas de pH en agua.

Mes	Número de muestras determinadas para pH en agua
Julio	250
Agosto	150
Septiembre	50
Octubre	50
Noviembre	50
Diciembre	0
<b>Total</b>	<b>550</b>

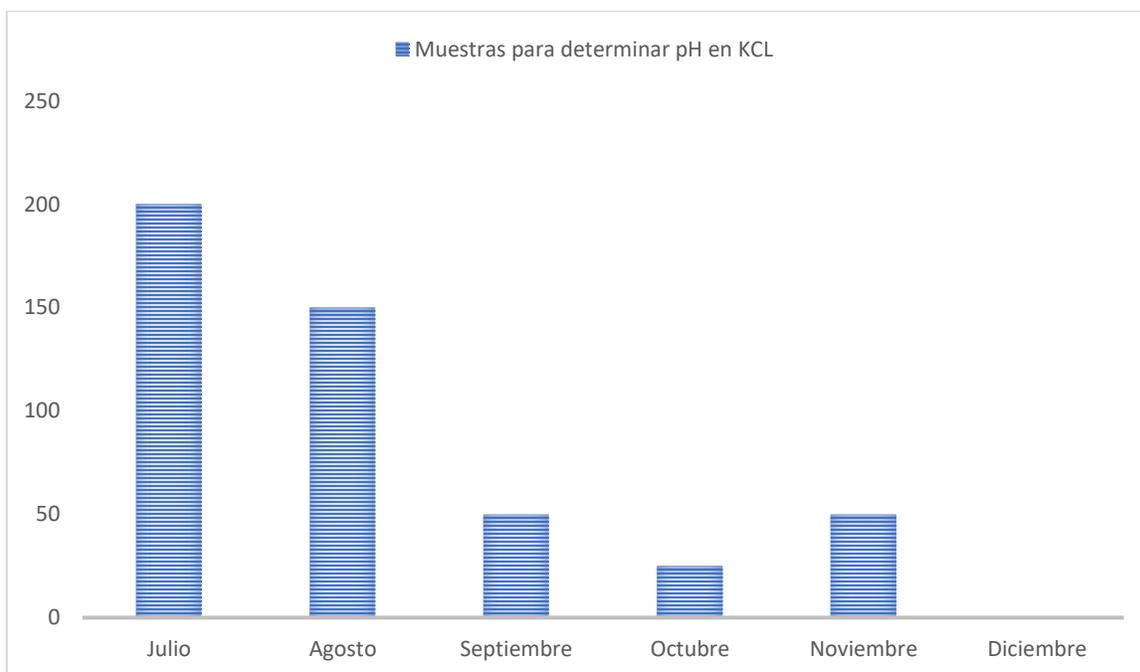


Gráfica 2. Número de muestras analizadas para determinar pH en agua

En la gráfica 2, se presentan el número de muestras de suelo que fueron analizadas mensualmente como auxiliar de laboratorio para determinar pH en agua.

Cuadro 4. Número de muestras analizadas de pH en KCL.

Mes	Número de muestras determinadas para pH en KCL
Julio	200
Agosto	150
Septiembre	50
Octubre	25
Noviembre	50
Diciembre	0
<b>Total</b>	<b>475</b>

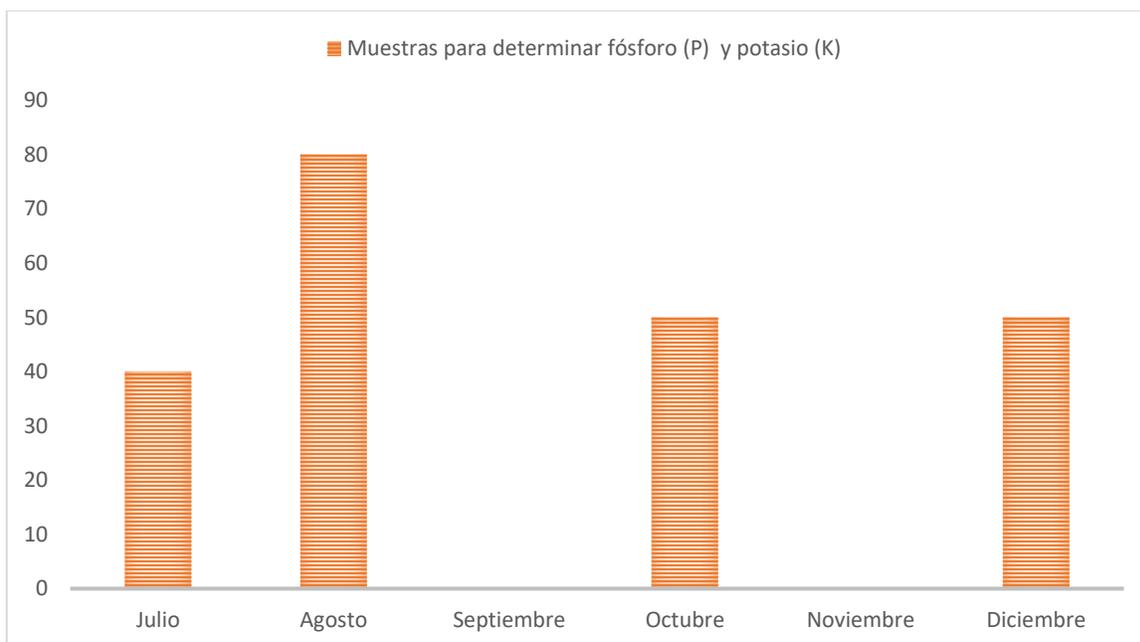


Gráfica 3. Número de muestras analizadas para determinar pH en KCL

En la gráfica 3, se presentan el número de muestras de suelo que fueron analizadas mensualmente como auxiliar de laboratorio para determinar pH en KCL.

Cuadro 5. Número de muestras analizadas de fósforo (P) y potasio (K)

Mes	Número de muestras determinadas para fósforo (P) y potasio (K)
Julio	40
Agosto	80
Septiembre	0
Octubre	50
Noviembre	0
Diciembre	50
<b>Total</b>	<b>220</b>

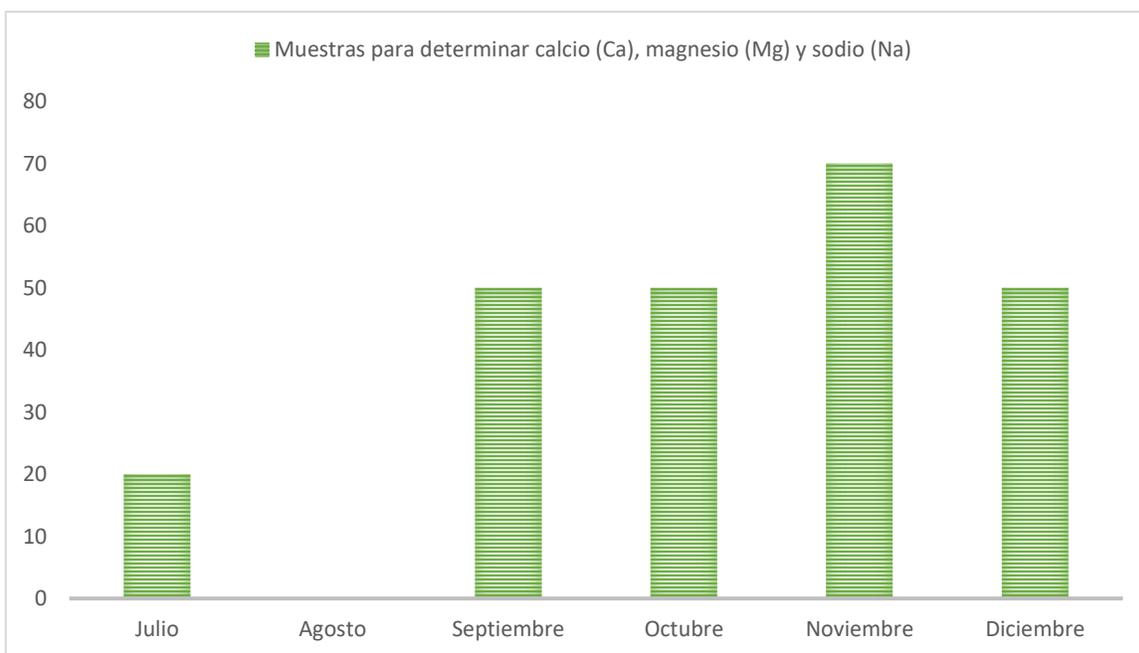


Gráfica 4. Número de muestras analizadas para determinar fósforo y potasio

En la gráfica 4 se presentan el número de muestras de suelo que fueron analizadas mensualmente como auxiliar de laboratorio para la extracción de fósforo (P) y potasio (K).

Cuadro 6. Número de muestras analizadas de calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na)

Mes	Número de muestras determinadas para calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na)
Julio	20
Agosto	0
Septiembre	50
Octubre	50
Noviembre	70
Diciembre	50
<b>Total</b>	<b>240</b>



Gráfica 5. Número de muestras analizadas para determinar calcio, magnesio y sodio.

En la gráfica 5 se presentan el número de muestras de suelo que fueron analizadas mensualmente como auxiliar de laboratorio para la extracción de Calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na).

Cuadro 7. Número de muestras analizadas para acidez intercambiable

Mes	Número de muestras determinadas para acidez intercambiable
Julio	15
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	30
Noviembre	0
Diciembre	50
<b>Total</b>	<b>95</b>



Gráfica 6. Numero de muestras analizadas para determinar acidez intercambiable

En la gráfica 6 se presentan el número de muestras de suelo que fueron analizadas mensualmente como auxiliar de laboratorio para determinar Acidez intercambiable.

## **Pasos para obtener un resultado confiable de la fertilidad del suelo de la muestra a analizar**

1. Realizar el muestreo según los lineamientos establecidos para este procedimiento.
2. Identificar y rotular correctamente la muestra de suelo
3. Llevar lo más pronto posible la muestra al laboratorio  
Una vez recibida la muestra en el laboratorio de suelos, se deben seguir los siguientes procedimientos establecidos dentro del laboratorio
4. Tamizar y colocar a secar la muestra
5. Realizar las marchas analíticas
6. Procesar los datos de las diferentes marchas analíticas
7. Interpretación de análisis de suelos

## **Pasos para realizar recomendaciones técnicas de fertilización de suelos**

1. Interpretación de análisis de suelos
2. Identificar los requerimientos nutricionales del cultivo
3. Identificar las deficiencias del suelo presentes
4. Llevar el suelo a los niveles críticos
5. Calcular las necesidades de elementos nutricionales para llevar el suelo a los niveles críticos.
6. Transformar los elementos puros a fertilizantes comerciales.
7. Calcular las dosis de fertilizante comercial a aplicar al cultivo de interés

## **Técnicas de encalado aprendidas**

**1. Curva de encalado:** permite identificar la dosis de  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  según acidez del suelo.

**2. Niveles Críticos:** permite calcular la necesidad de enmiendas utilizando los niveles críticos de Ca y Mg.

**3. Porcentaje de Saturación de bases:** permite corregir la acidez del suelo llevándolo al porcentaje ideal de Ca, Mg, K (bases).

Cuadro 8. Recomendaciones técnicas de fertilización que se realizaron durante la pasantía de práctica profesional

<b>Granos básicos</b>	Maíz y frijol
<b>Frutales</b>	Limón pérsico
<b>Otros cultivos</b>	Café

Durante la pasantía de práctica profesional se logró la destreza de interpretar y desarrollar recomendaciones técnicas de fertilidad para diversos cultivos como granos básicos, frutales y café.

### **Cálculo de enmienda por el método de saturación de bases**

Textura: Franca

pH en agua: 5.54 FA

pH en KCL: 4.66 FA

Fósforo: 11 ppm B

Potasio: 394.8 ppm MA ----- K Int: 1.01 cmol.kg<sup>-1</sup> Ca: 10.74 cmol.kg<sup>-1</sup> A

Mg: 1.67 cmol.kg<sup>-1</sup> B

Acidez Int: 0.22 B

MO% :12.05 A

Ca/mg: 6.42 A

CICE: 13.65 MP

CICT: 21.56 AF

Zn: 3.13 ppm

Edad del cultivo: 10 años

Distanciamiento: 2 m x 2.5 m

Rendimiento: 10qq

N° de plantas por Manzana

Mz / distanciamiento

$$7000 \text{ m}^2 / 2 \times 2.5 = 1400 \text{ plantas}$$

Área efectiva

$$1400 \text{ plantas} / 0.81 \text{ m}^2 = 1134 \text{ m}^2$$

Pasar las bases intercambiables a %

$$\% \mathbf{Ca} = \text{Ca cmol.kg}^{-1} / \text{CICT} \times 100$$

$$= (10.74 \text{ cmol.kg}^{-1} / 21.56) \times 100$$

$$= 49.81\%$$

$$\% \mathbf{Mg} = \text{Mg cmol.kg}^{-1} / \text{CICT} \times 100$$

$$= (1.67 \text{ cmol.kg}^{-1} / 21.56) \times 100$$

$$= 7.74 \%$$

$$\% \mathbf{K} = \text{K int cmol.kg}^{-1} / \text{CICT} \times 100$$

$$= (1.01 \text{ cmol.kg}^{-1} / 21.56) \times 100$$

$$= 4.68\%$$

Cuadro 9. Cálculo del déficit de las bases

Elemento	Porcentaje ideal	Lo que aporta el suelo	Déficit (% ideal – % que aporta el suelo)
Calcio	65%	49.81%	15.19%
Magnesio	18%	7.74%	10.26%
Potasio	6%	4.68%	1.32%

Pasar de % a  $\text{cmol.kg}^{-1}$

$$\text{Ca} = \% \text{ de déficit} / 100 \times \text{CICT}$$

$$= (15.19\% / 100) \times 21.56$$

$$= \mathbf{3.27 \text{ cmol.kg}^{-1}}$$

$$\text{Mg} = \% \text{ de déficit} / 100 \times \text{CICT}$$

$$= (10.26\% / 100) \times 21.56$$

$$= \mathbf{2.21 \text{ cmol.kg}^{-1}}$$

$$\text{K} = \% \text{ de déficit} / 100 \times \text{CICT}$$

$$= (1.32\% / 100) \times 21.56$$

$$= \mathbf{0.28 \text{ cmol.kg}^{-1}}$$

Déficit por cada elemento de las bases

$$\text{Ca} = 3.27 \text{ cmol.kg}^{-1} \times 200 \times 2 \times 1.54 = 2012.32 \text{ lb/mz Ca}$$

$$\text{Mg} = 2.21 \text{ cmol.kg}^{-1} \times 122 \times 2 \times 1.54 = 830.43 \text{ lb/ mz Mg}$$

$$\text{K} = 0.28 \text{ cmol.kg}^{-1} \times 391 \times 2 \times 1.54 = 337.2 \text{ lb/mz}$$

Cuadro 10. Factores utilizados en las ecuaciones

Elemento	Factores utilizados en las ecuaciones		
	De $\text{cmol.kg}^{-1}$ a ppm	De ppm a Kg/Ha	De Kg/Ha a Lb/Mz
Ca	200	2	1.54
Mg	122	2	1.54
K	391	2	1.54

Fraccionando las lb/mz según el área efectiva

$$\text{Ca} = 2014.32 \text{ lb/mz} \times 1134 \text{ m}^2 / 7000 \text{ m}^2 = \mathbf{326.32 \text{ lb/mz}}$$

$$\text{Mg} = 830 \text{ lb/mz} \times 1134 \text{ m}^2 / 7000 \text{ m}^2 = \mathbf{134.53 \text{ lb/mz}}$$

$$K = 337.2 \text{ lb/mz} \times 1134 \text{ m}^2 / 7000 \text{ m}^2 = \mathbf{54.63 \text{ lb/mz}}$$

### **Cálculo de enmienda**

Se utilizó Cal dolomítica con porcentajes de Ca al 28% y Mg al 12%

100 lb de cal dolomítica ----- 28 lb de Ca

X ----- 326.32 lb de Ca

X = 1165.4 lb/ mz de Cal dolomítica

Fraccionando a Onzas/planta

1165.4 lb/mz x16 / 1400 plantas = **13.32 oz/planta de Cal dolomítica**

100 lb de cal dolomítica ----- 12 lb de Mg

X ----- 134.53 lb de Mg

X= 1121.08 lb/mz de Cal dolomítica

Fraccionando a Onzas/planta

1121.08 lb/mz x16 / 1400 plantas = **12.8 oz/planta de Cal dolomítica**

Requerimientos nutricionales

N: 150 Kg/Ha x 1.54 = 231 lb/mz

P2O5: 50 Kg/Ha x 1.54 = 77 lb/mz

K2O: 180 Kg/Ha x 1.54 = 277.2 lb

Dado que el Nitrógeno es bastante elevado el 100% de la aplicación se divide en 3 aplicaciones lo que resulta que por cada aplicación se pondrán 77 lb de N.

### **Primera aplicación**

• Nitrógeno Formula a utilizar: 15-15-15

100 lb de 15-15-15 ----- 15 lb N

X -----77 lb de N

X = 513.33 lb de 15-15-15 Fraccionando a Onzas/ planta

513.33 lb de 15-15-15 x 16 /1400 plantas = **5.86 oz/planta de 15-15-15**

Contenido de potasio en la aplicación de 15-15-15

100 lb de 15-15-15 ----- 15 lb K

X -----54.63 lb de K

X= 364.2 lb de 15-15-15

Fraccionando a Onzas/plantas

364.2 lb 15-15-15 x 16 / 1400 plantas = **4.2 oz/planta de 15-15-15**

Contenido de Fósforo en la aplicación de 15-15-15

100 lb de 15-15-15 ----- 15 lb P

X -----77 lb de P

X= 513.33 lb de 15-15-15

Fraccionando a Onzas/ planta

513.33 lb de 15-15-15 x 16 /1400 plantas = **5.86 oz/planta de 15-15-15**

Por lo que en una sola aplicación de 15-15-15 se estaría satisfaciendo la necesidad completa de Fósforo y Potasio y una aplicación de nitrógeno de las que necesita. Por lo que solo faltan dos aplicaciones de nitrógeno, en las cuales se buscan fuentes diferentes.

### **Segunda aplicación**

Nitrógeno

Formula a utilizar: Sulfato de Amonio

100 lb de Sulf Amonio ----- 22 lb N

X -----77 lb de N

X= 350 lb de Sulf de Amonio Fraccionando a Onzas/planta

350 lb Sulf Am x16 / 1400 plantas = **4 Oz/planta de Sulfato de Amonio**

### **Tercera Aplicación**

Nitrógeno

Fórmula para utilizar: Urea

100 lb de Urea ----- 46 lb N

X -----77 lb de N

X= 167.39 lb de Urea

Fraccionando a Onzas/plantas

167.39 lb/Urea x 16/1400 plantas = **2 oz/planta de Urea**

Para la aplicación en Zinc

5-13.3 = 1.87 ppm

1.87 ppm x 2 x 1.54 = 5.76 lb/mz

Formula a utilizar: Sulfato de Zn heptahidratado

100 lb de Sulf Zn ----- 22 lb Zn

X -----5.76 lb de Zn

X= 25.18 lb/ Zn

Fraccionando a Gramos/planta

26.18 lb/Sulf Zn x 454 gramos/lb = 11885.72 gramos de Sulf Zn

11885.72 gramos / 1400 plantas = **8.49 gr de Sulfato de Zn**

Cuadro 11. Recomendación de fertilización en cultivo de café

Recomendación de fertilización		
Encalado	Mayo	13 oz de Cal dolomítica
1° fertilización	Inicio de época lluviosa Junio	5.86 oz Formula 15-15-15 + 10 gr Sulfato de Zn
2° fertilización	A mediados de época lluviosa Julio-Agosto	4 oz Sulfato de Amonio
3° fertilización	A finales de época lluviosa Septiembre- Octubre	2 oz Urea

Nota: el encalado debe realizarse un mes antes de la primera aplicación de fertilización.

## VI. Conclusiones

- Durante la práctica profesional de análisis químicos en suelos, se fortalecieron los conocimientos sobre el muestreo de suelo, interpretación de análisis y la elaboración de las recomendaciones técnicas de fertilización de cultivos de maíz, frijol, limón pérsico y café.
- Desarrollar las diversas marchas analíticas en el laboratorio de suelos, me ayudó a comprender el estado natural de fertilidad del suelo y los procesos que deben llevarse a cabo para analizar de manera correcta todas las muestras que son ingresadas al laboratorio.
- He adquirido las competencias necesarias para desarrollar las marchas analíticas en la determinación de pH en agua y KCL, % de materia orgánica, fósforo y potasio, acidez intercambiable, macro y micro elementos y la destreza de manipular equipos como los espectrofotómetros de absorción atómica, pH-metros, colorímetros y la cámara de extracción de gases y obtener resultados confiables para realizar recomendaciones sobre la fertilidad de suelos.
- Comprender los procedimientos aplicados a las muestras en el laboratorio de suelos desde el ingreso hasta la obtención de resultados, lo que nos garantiza resultados confiables con los cuales, se puede desarrollar una recomendación y crear un buen programa de fertilización y enmiendas en función al estado de fertilidad del suelo, con el fin de obtener los rendimientos deseados en las producciones de los cultivos haciendo un uso racional de fertilizantes.

## **VII. Recomendaciones**

- Brindar mantenimiento a los equipos de análisis que se utilizan en los diferentes procedimientos químicos, para obtener una correcta lectura de los resultados de análisis de los aspectos de suelos.
- El laboratorio debe contar con personal capacitado para realizar las diferentes marchas analíticas dentro del laboratorio de suelos, así como la correcta manipulación de los equipos.
- El laboratorio de suelos debe participar o crear programas con el fin de estar actualizado sobre los cambios o innovaciones que se van presentando en la fertilidad de los suelos a nivel nacional y mundial
- Que el laboratorio de suelos continúe manteniendo el nivel de calidad en el resultado de análisis físico-químicos de suelos.

## VIII. Bibliografías

- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2020. Suelos: Laboratorio de Suelos (en línea, sitio web). Consultado 04 abril 2022. Disponible en <https://www.centa.gob.sv/servicios/suelos/>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2014. Manual para la interpretación de análisis químicos y cálculos de enmiendas para café. San Salvador – El Salvador. 72 p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2013. Historia: Evolución histórica y aportes al desarrollo agropecuario. San Salvador – El Salvador. 45 p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2015. Institución: Estructura organizativa (en línea, sitio web). Consultado 28 nov. 2022. Disponible <https://www.centa.gob.sv/2015/estructuraorganizativa/>
- FAO. 2015. Suelos sanos para una vida sana (en línea, sitio web). Consultado el 01 de jul. 2023. Disponible en [Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables | FAO](#)
- FAO.sv. Ecología y enseñanza rural (en línea, sitio web). Consultado el 28 de jun. 2023. Disponible en [Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas \(fao.org\)](#)
- Google Earth. 2022. Proyecto CENTA (en línea, sitio web). Consultado 30 may. 2022. Disponible en <https://earth.google.com/web/search/centa>

- Múnera, G. 2012. Importancia general del análisis de suelo y de tejido vegetal (en línea, sitio web). Pereira, Colombia. Consultado 02 abril 2022. Disponible en <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/867094a6-7467-4112-8259-c201390c85ad/content>
- Sánchez, J. sf. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de las plantas (en línea, sitio web). Consultado el 03 abril 2022. Disponible en <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

## IX. Anexos

### Anexo 1. Recepción de muestras de suelo.



### Anexo 2. Muestras preparadas para ingresar al laboratorio de suelos.



Anexo 3. Muestras preparadas para ingresar a estufa por 24 hrs.



Anexo 4. Capacitación de análisis de textura por Bouyoucos a los alumnos de la Universidad Técnica Latinoamericana UTLA.



Anexo 5. Preparación de Dicromato de Potasio para análisis de materia orgánica.



Anexo 6. Agregando dicromato de potasio a las muestras para determinar % de materia orgánica.



Anexo 7. Toma de muestras para la determinación de pH en agua.



Anexo 8. Toma de lecturas de pH en suelo en KCL.



Anexo 9. Filtrado de muestras para determinar fósforo y potasio.



Anexo 10. Realización de lecturas de fósforo en equipo colorimétrico.



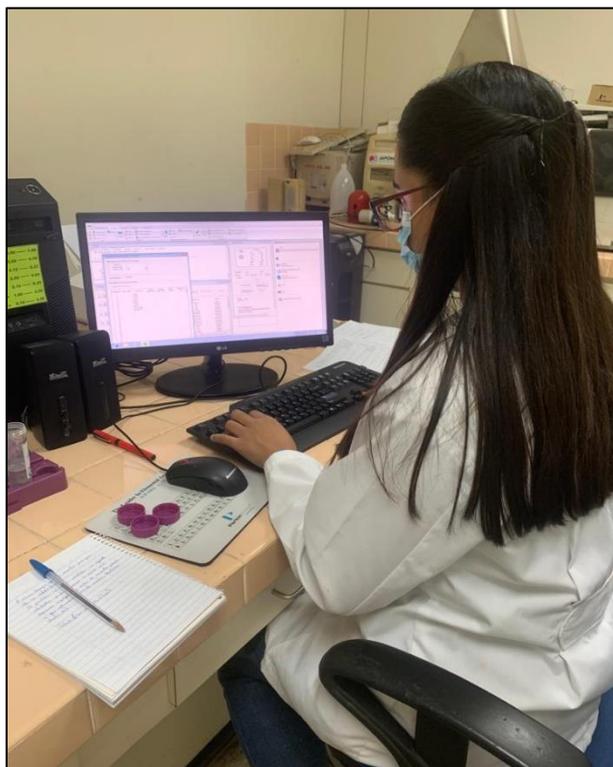
Anexo 11. Pesaje de muestras para determinar macro y microelementos.



Anexo 12. Pipeteado de muestras para determinar elementos mayores y menores.



Anexo 13. Realización de lecturas en equipo de absorción atómica Perkin Elmer.



Anexo 14. Realización de lecturas de calcio, magnesio y sodio en equipo de absorción atómica Shimadzu.



Anexo 15. Toma de muestra para determinar acidez intercambiable.



Anexo 16. Añadiendo indicador azul de bromothymol para determinar acidez intercambiable.



Anexo 17. Titulación con Hidróxido de sodio para determinar acidez intercambiable.



Anexo 18. Impresión de resultados de los análisis del laboratorio de suelos.



Anexo 19. Titulación para determinar acidez total.



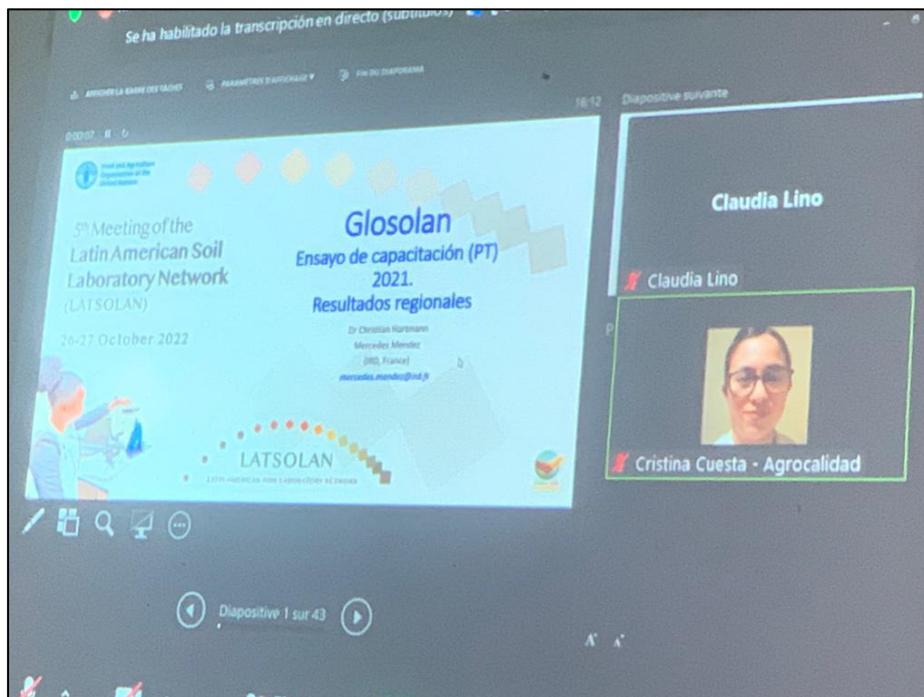
Anexo 20. Lectura con hidrómetro para determinación de textura de suelo por el método de Bouyoucos.



Anexo 21. Realización de inventario en laboratorio de suelos.



Anexo 22. Participación en la quinta reunión de red latinoamericana de laboratorios de suelos LATSOLAN.



Anexo 23. Selección de muestras para descarte del laboratorio de suelos.



Anexo 24. Equipo de protección para descartar muestras de laboratorio de suelos.

