

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente



Título de pasantía de práctica profesional:

Aplicación de análisis físicos del suelo en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestales “Enrique Álvarez Córdova”

Presentado por:

Br. Roxana Elizabeth Vásquez Montenegro

Para optar al Título de:

Ingeniero Agrónomo

Ciudad universitaria, San Salvador, 06 diciembre 2023

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente



Título de pasantía de práctica profesional:

Aplicación de análisis físicos del suelo en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestales “Enrique Álvarez Córdova”

Presentado por:

Br. Roxana Elizabeth Vásquez Montenegro

Para optar al Título de:

Ingeniero Agrónomo

Docente Asesor

Ing. Agr. Angela Pabon Flores de Lara

Asesor Externo

Ing. Agr. Claudia María Lino Rodríguez

Ciudad universitaria, San Salvador, 06 diciembre 2023

Universidad de El Salvador

Rector

Ing Agr. MSc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

Secretario general

Lic. Pedro Rosalío Escobar

Facultad de Ciencias Agronómicas

Decano

Ing. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado

Secretario

Ing. Agr. MSc. Balmore Martínez Sierra

Jefe del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Ing. MSc. José Mauricio Tejada Asencio

Docente Director

Ing. Agr. MSc. Ángela Pabon Flores de Lara

Tutor Externo

Ing. Agr. Claudia María Lino Rodríguez

Coordinador General de Procesos de Grado

Ing. Agr. Juan Marroquín Reina

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Único Dios viviente, Jehová de los Ejércitos, a mi Señor Jesús que me acompañaron y cuidaron mi persona y mi salud a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco a Esther Montenegro, Francisco González, Rubén Montenegro, Johanna Montenegro, Alejandro Vásquez y Roxana de Vásquez, Marcela Montenegro y Ernesto Montenegro por creer en mí, tenerme paciencia y apoyarme incondicionalmente durante mi carrera universitaria.

A la Universidad de El Salvador, facultad de Ciencia Agronómicas y Docentes de la facultad de quienes aprendí a enfrentarme a la vida académica y profesional formando como futuro profesional.

A la Ing. Agr. MSc. Angela Pabon Flores de Lara por aceptarme y creer en mí como pasante, ayudarme, apoyarme, orientarme, aconsejarme, por compartir sus conocimientos en diversas áreas de la vida y como profesional en el área de edafología y fertilidad de suelo.

Al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestales “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), Ing. Agr. Claudia María Lino Rodríguez por orientarme en todos los tramites como pasante, por apoyarme con asesorías técnicas, por confiar en mí, por creer en mí, por compartir sus conocimientos y verme como futuro profesional.

A mis amistades, mi querido y estimado Ariel Aguirre y muy apreciada Jennifer Calderón quienes estuvieron apoyándome, aconsejándome, incentivándome a no rendirme, por creer en mí, trabajando en equipo a lo largo de la carrera y a compañeros/as y personas que estuvieron apoyándome en cada una de las materias de la carrera.

---Elizabeth Montenegro---

DEDICATORIA

Este documento se lo dedico con todo mi amor, mi esfuerzo y cariño a Esther Montenegro, Francisco González, Rubén Montenegro, Johanna Montenegro, Alejandro Montenegro, Marcela Montenegro y Ernesto Montenegro, quienes siempre me apoyaron incondicionalmente en lo económico, en lo sentimental, y por tenerme tanta paciencia y tolerancia a lo largo de mi formación como futuro profesional.

También está dedicado a una persona especial que desde el momento que inicio el viaje de la carrera profesional, no se rindió, a pesar de las limitaciones económicas, alimenticias, recursos académicos, los obstáculos de enfermedades, la dificultad de carga académica, quien dormía solo unas horas al día, no perdió la fe que un día todo cambiaría a bien, se siguió esforzando, no tuvo miedo de cambiar, de desechar personas de su vida, que se esforzó haciendo sus tareas en los centros de cómputo de las facultades, que luchó contra la enfermedad mental y a la vez llevo materias pesadas, que iba al campo sin nada y muchas situaciones más..... A esa persona que, si quería avanzar, vivir y disfrutar de cada momento de su carrera universitaria a esa persona de nombre Elizabeth Montenegro.

Índice

| | Página |
|---|---------------|
| AGRADECIMIENTOS..... | V |
| DEDICATORIA | VI |
| Índice | VII |
| Índice de cuadros..... | IX |
| Índice de figura | IX |
| Índice de anexos..... | IX |
| 3. Resumen | 1 |
| 4. Introducción | 2 |
| 5. Información de la unidad productiva | 3 |
| 5.1. Datos generales..... | 3 |
| 5.1.1. Localización | 3 |
| 5.1.2. Antecedentes | 3 |
| 5.1.3.2. Instalaciones y equipos..... | 4 |
| 5.1.3.3. Humanos..... | 5 |
| 5.2. Actividades actuales | 5 |
| 5.2.1. Producción principal y otras..... | 5 |
| 5.2.2. Situación técnica..... | 6 |
| 5.2.3. Situación administrativa | 6 |
| 5.2.4. Generales de comercialización | 7 |
| 6. Análisis de la problemática en sector..... | 8 |
| 7. Metodología | 9 |
| 7.1. Metodología de gabinete | 9 |
| 7.1.1. Redacción del título..... | 9 |
| 7.1.2. Recopilación, análisis y redacción de la información para el proyecto..... | 9 |

| | |
|---|----|
| 7.2. Metodología de Laboratorio | 10 |
| 7.2.1. Recepción de muestras de suelo | 10 |
| 7.2.2. Preparación de muestras de suelos para ingreso del laboratorio | 10 |
| 7.2.3. Pesaje de muestra de suelo para análisis físicos..... | 11 |
| 7.2.4. Análisis de suelos por el método de textura al tacto | 12 |
| 7.2.5. Análisis de suelo textura por método de Hidrómetro de Bouyoucos | 12 |
| 7.2.6. Análisis Granulométrico de suelos | 13 |
| 7.2.7. Análisis de Densidad aparente de suelo | 14 |
| 7.2.8. Uso adecuado de equipo y cristalería de análisis físicos de suelo..... | 15 |
| 7.2.9. Elaboración de recomendaciones de fertilización de análisis de suelo | 16 |
| 7.2.10. Elaboración de documentos técnicos..... | 16 |
| 7.2.11. Atención a productores | 17 |
| 8. Resultados y discusión | 18 |
| 8.1. Recepción de muestras de suelo | 18 |
| 8.2. Preparación de muestras de suelos..... | 18 |
| 8.3. Pesaje de muestra de suelo..... | 19 |
| 8.4. Análisis textura de suelo al tacto..... | 19 |
| 8.5. Análisis textura de suelo por método Hidrómetro de Bouyoucos | 20 |
| 8.6. Análisis Granulometría de suelos | 20 |
| 8.7. Análisis de Densidad Aparente del suelo..... | 21 |
| 8.8. Elaboración de recomendaciones de fertilización de suelos | 21 |
| 8.9. Atención a productores | 22 |
| 8.10. Resumen de actividades de pasantía de practica profesional | 22 |
| 9. Conclusiones | 24 |
| 10. Recomendaciones | 25 |

| | |
|-------------------------|----|
| 11. Bibliografías | 26 |
| 12. Anexos | 29 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Análisis físico-químicos de laboratorio de Suelos | 5 |
| Cuadro 2. Análisis de suelo con peso requerido..... | 12 |
| Cuadro A-1. Apertura de tamices utilizados para el análisis de Granulometría en laboratorio de suelos. | 29 |

Índice de figura

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquema Administrativo y organizativo del CENTA. | 7 |
| Figura 2. Esquema sistemático de actividades de la pasantía práctica profesional..... | 9 |
| Figura 3. Muestras recibidas en área de Recepción en laboratorio. | 18 |
| Figura 4. Muestras preparadas en área de Preparación en laboratorio. | 18 |
| Figura 5. Muestras pesadas para análisis de suelo en laboratorio. | 19 |
| Figura 6. Muestras procesadas por el análisis de suelo textura al tacto en laboratorio. | 19 |
| Figura 7. Muestras procesadas por el análisis Textura por Hidrómetro de Bouyoucos en laboratorio. | 20 |
| Figura 8. Muestras de suelo de análisis Granulométrico en laboratorio. | 20 |
| Figura 9. Muestras de suelo en análisis de Densidad Aparente en laboratorio. | 21 |
| Figura 10. Interpretación y elaboración de recomendaciones de fertilidad suelo hechas en laboratorio | 21 |
| Figura 11. Atención a productores y asesoría técnicos solventada en el laboratorio de suelos. | 22 |
| Figura 12. Resumen de actividades de la pasantía de práctica profesional. | 22 |

Índice de anexos

| | |
|---|----|
| Figura A- 1. Captura satelital de la ubicación del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”..... | 29 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura A- 2. Recepción de muestras de suelo por el pasante en el laboratorio de suelo..... | 30 |
| Figura A- 3. Muestras de suelo dentro de estufa. | 30 |
| Figura A- 4. Molido de muestras de suelo en máquina trituradora..... | 31 |
| Figura A- 5. Tamizado de muestra de suelo | 31 |
| Figura A- 6. Pesaje de muestras para análisis físicos. | 32 |
| Figura A- 7. Proceso para determinación de textura de suelo. | 32 |
| Figura A- 8. Preparación de material previo al pesaje de muestras para análisis de textura por Bouyoucos..... | 33 |
| Figura A- 9. Preparación de Reactivos. | 33 |
| Figura A- 10. Proceso para determinación de textura por el método hidrómetro de bouyoucos..... | 34 |
| Figura A- 11. Gráfico para la denominación de los suelos según la textura. | 34 |
| Figura A- 12. Proceso para la determinación de Análisis Granulométrico | 35 |
| Figura A- 13. Proceso para determinar el Análisis de Densidad Aparente de suelo primera etapa..... | 35 |
| Figura A- 14. Proceso para determinar el análisis de Densidad Aparente de suelo de segunda etapa..... | 35 |
| Figura A- 15. Interpretación de resultados y recomendación de fertilización..... | 36 |
| Figura A- 16. Apoyo en atención al usuario. | 36 |

3. Resumen

La pasantía de práctica profesional se realizó en el Laboratorio de Suelos del Centro Nacional de Tecnologías Agropecuarias y Forestales "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA), ubicado en Km. 33 ½, carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, durante el periodo de agosto a febrero 2022-2023. Para el desarrollo de la misma se seleccionó las actividades a desempeñar dentro del laboratorio de suelo, iniciando con recepción de muestras de suelo, preparación de muestras, pesaje de muestras para determinación de análisis de: textura al tacto y por hidrómetro de bouyoucos, granulométrico, determinación de densidad aparente de suelo para luego interpretar y elaborar recomendaciones de fertilización de suelo, apoyo en elaboración de documentos técnicos, atención a productores sobre la forma adecuada de ejecutar el muestreo de suelo, además de apoyar en actividades correspondientes a metodologías analíticas; esto con el fin de mejorar el manejo que los productores salvadoreños emplean en los suelos utilizados para la producción agrícola, al mismo tiempo que contribuye a una mejoría de la calidad de vida de los usuarios de estos servicio. Así mismo se contribuyó a la demanda actual a la que se enfrentan los profesionales del CENTA, ya que es de las pocas instituciones que ofrece el acceso de los servicios a la población salvadoreña a nivel nacional como parte de su compromiso, pues posee los recursos necesarios para aplicar metodologías analíticas y personal capacitado, el cual, permite generar resultados de alta confiabilidad en los análisis físicos de suelo, dando paso a recomendaciones de fertilización del suelo.

Palabras Claves: Análisis físicos, muestras de suelo, interpretación de resultados, fertilización de suelo.

4. Introducción

En el Salvador existen la aplicación de tipos de agricultura como lo son agricultura orgánica y convencional aunque el desarrollo de la agricultura no siempre es sostenible, pues existen factores que contribuyen a la destrucción de los recursos naturales como lo es la erosión hídrica y eólica, además de la aplicación de monocultivos, la no consideración de la agroforestería, el uso de productos agroquímicos, la quema de parcelas agrícolas, la no incorporación de materia orgánica ocasionando la pérdida de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y muchos kilogramos de micronutrientes, que la planta necesita para su desarrollo, los cuales obtiene del recurso natural conocido como suelo (Vieira *et al.* 2000).

Altamirano (2019), enfatiza que, las propiedades físicas del suelo, son parámetros de calidad que muestra como este retiene y transmite agua a las plantas, igualmente como las propiedades físicas inciden en el crecimiento de las raíces, la infiltración, el movimiento del agua y la emergencia de las plántulas.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA (2022), define el análisis de suelos como una herramienta muy 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, tales como la acidez excesiva, la salinidad y la toxicidad de algunos elementos. A su vez, un correcto análisis de suelos ayuda a tomar decisiones sobre fertilización y sobre el uso que se le puede dar a un suelo y qué especie cultivar en él. También permite dar una idea de la fertilidad de un campo para comprar o arrendar ya que permite conocer el estado de la fertilidad en el suelo.

El propósito de esta pasantía de práctica profesional fue de desarrollar y adquirir competencias para aplicación e interpretación de los análisis físicos del suelo y la elaboración de recomendaciones de fertilización de suelo a través de metodologías analíticas que son ejecutadas por el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA). Además de contribuir con la demanda actual que enfrenta el CENTA en el área de análisis físico-químicos en el laboratorio de suelo, pues con el paso del tiempo los agricultores solicitan los servicios que se brinda a nivel Nacional.

5. Información de la unidad productiva

5.1. Datos generales

5.1.1. Localización

La pasantía profesional se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova”, ubicado en el Km. 33 ½, carretera a Santa Ana, Ciudad Arce, departamento de La Libertad, El Salvador, Centroamérica, con coordenadas geográficas, latitud Norte 13°48'13" y al Oeste 89°24'04", La Libertad, El Salvador, a 470.0 metros sobre el nivel del mar (CENTA 2015; Google Earth 2023). En este departamento sus temperaturas mínimas son de 20°C y máximas de 34°C (Figura A-1).

5.1.2. Antecedentes

El 21 de octubre de 1942 la Secretaría de Agricultura del Gobierno de El Salvador y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, firmaron un memorándum de entendimiento para establecer una Estación Experimental que recibió el nombre “Centro Nacional de Agronomía” con el objetivo de contribuir al incremento de la producción y productividad agropecuaria para la mejora de la calidad de vida de los usuarios. Este objetivo se logra al proveer a los productores materiales con alto potencial de producción con resistencia a las plagas y al cambio climático; para 1948 contaba con departamentos de Agronomía, Fitopatología, Horticultura, Ingeniería Agrícola, Química, Divulgación Agrícola y Química Agrícola.

Posteriormente en el año de 1970 contaba con 64 agencias de extensión a nivel Nacional por lo que incorporo los Departamentos de: Investigación Zootécnica y los departamentos de Laboratorios, además de unificarse con la Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñónez” (ENA) para formar el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA 2013).

Finalmente fue hasta año 2009, que recibió reconocimiento por la influencia y labor llevada a cabo por Enrique Álvarez Córdova en su período como Ministro de Agricultura, el entonces presidente dedicó a su memoria el nombre de la Institución y la nominó “Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA 2013).

5.1.3. Recursos

5.1.3.1. Naturales

Las Agencias de Extensión del CENTA están distribuidas a nivel nacional y tienen como función principal brindar asistencia técnica especializada y servicios de capacitación a las familias productoras del país. Esta asistencia se brinda a organizaciones de productores con los cuales se desarrollan proyectos productivos específicos, sobre rubros rentables y competitivos y en áreas geográficas con potencial productivo. Para su prestación, la organización debe proponer al CENTA un perfil de proyecto, que después de una evaluación y suscripción de convenio se ejecuta bajo la responsabilidad de la organización con el apoyo técnico del CENTA.

Esto permite la participación de los propios beneficiarios en las diferentes fases de desarrollo de los proyectos; lo que garantiza su adecuada priorización, focalización y el logro de resultados. Las organizaciones usuarias del servicio reciben asesoría técnica en ganadería, avicultura, apicultura, diversificación agrícola, uso eficiente del agua para riego, entre otros; por lo que posee una cobertura a nivel nacional identificándose como regiones de atención: región I Occidental, región II Central, región III Paracentral y región IV oriental (CENTA 2023).

Actualmente el CENTA posee una red de 40 Agencias de Extensión distribuidas a nivel nacional y 4 estaciones experimentales: Izalco, Santa Cruz Porrillo, San Andrés 1 y San Andrés 2 (más conocida como Las Doscientas) (CENTA 2013).

5.1.3.2. Instalaciones y equipos

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) en la región central cuenta con instalaciones como los son edificios administrativos, edificio biblioteca, área de programas de investigación, y área de laboratorios, en este último se encuentra el Laboratorio de Suelos el cual posee equipos utilizados para los análisis físicos-químicos del suelo como lo son espectrofotómetros, estufas secadoras, molino de suelo, balanzas analíticas y Semi-analítica, pipeteadores múltiples, agitadores eléctricos, vibrador granulométrico, computadoras, maquinaria de oficina, centrifugas, phchímetros, cámaras de bioseguridad ante el uso de ácidos, refrigeradores de soluciones concentradas, termómetros, hidrómetros, entre otros.

Además cuenta con una gran diversidad de materiales de cristalerías como lo son beakers, embudos, pipetas, buretas, tubos de ensayo, enlermeyer, probeta, matraz aforadores, valones volumétricos, pizetas, frascos ámbar, goteros, cilindros de bouyoucos, morteros, agitadores, entre otros.

5.1.3.3. Humanos

El laboratorio de suelos cuenta con profesionales especializados de las carreras de Ingeniería Agronómica, licenciatura en Ciencias Químicas y Licenciatura en Química y Farmacia cuya función es realizar análisis físicos y químicos en muestras de suelo, además de recomendar y asistir técnicamente a productores, investigadores del sector público y privado, extensionistas y población en general para que puedan tomar decisiones apropiadas en el manejo y fertilidad de suelo.

5.2. Actividades actuales

5.2.1. Producción principal y otras

El laboratorio de suelos ofrece a la población en general servicios de elaboración de recomendaciones de fertilización de suelo a través del desarrollo de diferentes análisis físicos-químicos de suelo, que a través del análisis demuestran el estado de fertilidad del mismo, a manera de implementar el uso racional y económico de los fertilizantes para lograr una agricultura que contribuya a mejorar las condiciones socioeconómicas de la familia y fortalezca la seguridad alimentaria (CENTA 2010). A continuación, se presentan los análisis y precios que ofrece:

Cuadro 1. Análisis físico-químicos de laboratorio de Suelos

| Análisis | Precio (\$) | Análisis | Precio (\$) |
|---|-------------|---|-------------|
| pH en agua, textura al tacto, fósforo y potasio | 5.26 | Capacidad de intercambio catiónico | 22.12 |
| Materia orgánica | 5.15 | Curvas de fijación de fosforo | 38.74 |
| Textura por Bouyoucos | 7.00 | Humedad | 3.00 |
| Conductividad eléctrica | 6.50 | Textura al tacto, pH, P, K, Ca, Mg, materia orgánica | 15.00 |
| Calcio, Magnesio, Zinc, Cobre, Hierro y Manganeseo | 3.50 c/u | Textura al tacto, pH, P, K, Ca, Mg, materia orgánica, Fe, Cu, Mn, Zn | 21.00 |
| pH en agua, textura al tacto, P y K, pH en KCl, Ca, Mg, acidez Intercambiable, Zn, Acidez total, % MO | 26.25 | Textura al tacto, pH, P, K, Ca, materia orgánica, Fe, Cu, Mn, Zn, Al, CICE y Na | 26.00 |
| Calcio y magnesio | 5.75 | Acidez total | 6.00 |
| Análisis granulométrico | 18.66 | Sodio | 6.00 |
| pH en KCl 1N | 2.39 | Curvas de encalado | 37.89 |
| pH en agua | 2.00 | Curvas de potasio | 40.92 |
| Azufre | 6.50 | Recomendaciones de fertilización por muestras | 10.00 |
| Acidez intercambiable | 3.50 | Densidad aparente | 6.00 |

Fuente: Elaborado con base en Brochure de laboratorio de suelo, CENTA 2022.

5.2.2. Situación técnica

El CENTA (2023), a través del laboratorio de suelos ha realizado diferentes análisis físico-químicos los cuales proveen resultados que son interpretados y por ende se establecen recomendaciones técnicas de fertilización que contribuyan al fortalecimiento de la investigación y extensión agrícola a nivel nacional, por lo que se han planteado diversas funciones a desempeñar como lo son:

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

5.2.3. Situación administrativa

El CENTA (2018), hizo pública las diferentes organizaciones y funciones con las que se encuentra estructurada toda su unidad interna y externa a nivel nacional. La Dirección Ejecutiva del CENTA comprende dos gerencias: La Gerencia de Transferencia Tecnológica y Extensión y La Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico, la cual, posee una estructura organizativa donde se encuentra el laboratorio de suelos. Este mediante su organización interna está conformado por Jefatura del Laboratorio de suelos, personal técnico y analistas físico-químicos y Auxiliares Técnicos de Laboratorio (Figura 1).

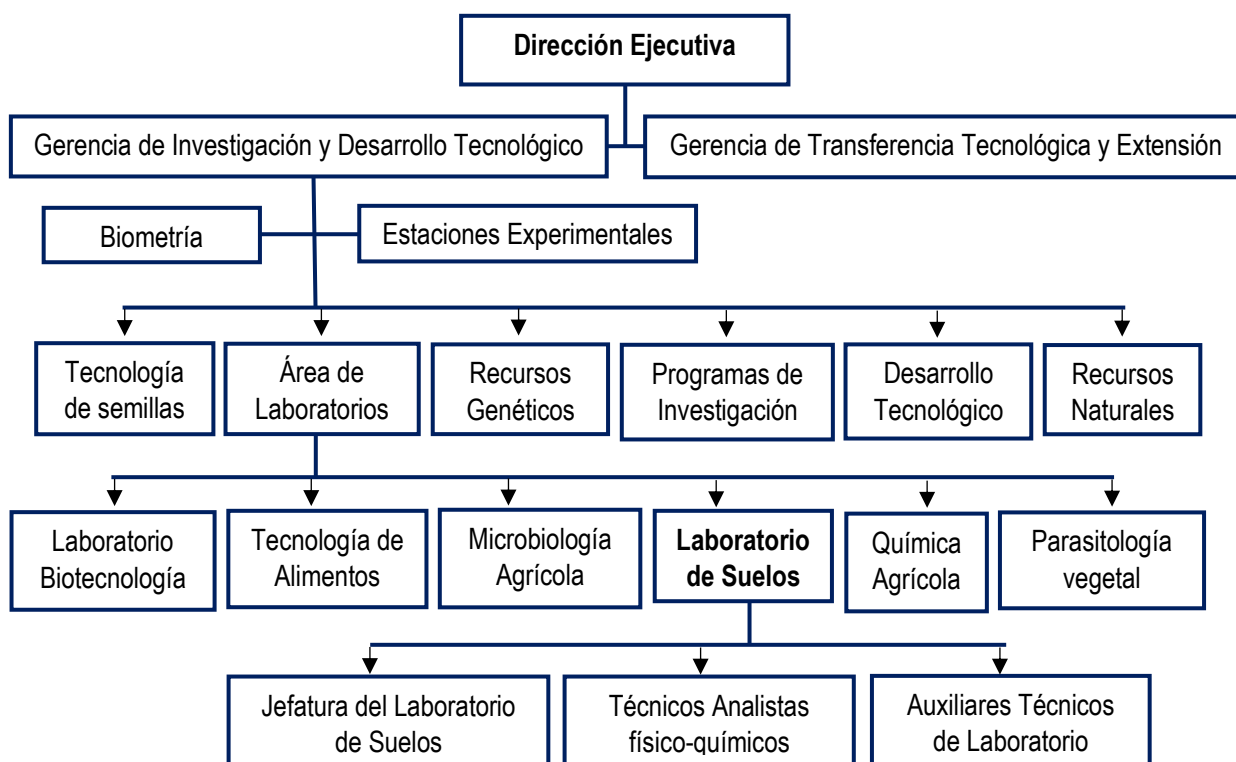


Figura 1. Esquema Administrativo y organizativo del CENTA.

5.2.4. Generales de comercialización

La institución del CENTA, produce diferentes productos para venta a sus empleados y al público en general; dentro de los productos que se comercializan madera, Granos básicos, productos pecuarios y agrícolas. Cumpliendo así el compromiso de contribuir a la seguridad alimentaria del pueblo Salvadoreño.

6. Análisis de la problemática en sector

El deterioro ambiental es debido a muchos factores relacionados principalmente con las actividades agrícolas que pretenden saciar necesidades de alimentación, vivienda y servicios básicos para una población que aumenta cada día, generalmente, los agricultores desarrollan sus actividades en áreas topográficamente inadecuadas a lo que se les une la deficiente oportunidad a capacitarse y la difícil accesibilidad a información sobre enseñanzas agrícolas adecuadas que permitan mantener la sostenibilidad de los recursos naturales, principalmente el suelo por lo que afecta directamente la fertilidad del mismo (Pineda y Vallecampo 2009). A lo anterior agregarle los altos costos de los fertilizantes químicos a base de sulfato de amonio, han incrementado de precio desmedidamente hasta en más del 200%, pues a la fecha, por lo menos en el Oriente del país, el quintal de ese producto químico puede encontrarse en \$31.50, cuando en 2021 el precio promedio era de \$13 (Mejía 2022).

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” conocido también CENTA, es una institución que tiene como objetivo primordial “Contribuir al incremento de la producción y productividad del sector agropecuario y forestal, mediante la generación y transferencia de tecnología apropiada para cultivos, especies animales y recursos naturales renovables; que posibiliten la satisfacción de las necesidades alimentarias de la población, las exportaciones y la agroindustria local; propiciando el ingreso de los productores, el manejo racional y sostenido de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente” (CENTA 2022); por lo que cuenta con un laboratorio de suelos, el cual ofrece atención técnica a los agricultores salvadoreños con el fin de mejorar la fertilidad a través de análisis físicos-químicos, lo que origina una mayor demanda por los servicios a la población pues a través del tiempo se ha generado mayor conciencia sobre la conservación y fertilidad del suelo.

Por otra parte, la Universidad de El Salvador, a través de la Facultad de Ciencias Agronómicas tiene como compromiso y visión de formar profesionales con capacidades técnicas y científicas, de acuerdo al nivel superior de educación se implementó el proyecto de aplicación e interpretación de los análisis físicos del suelo en el CENTA para mejorar la preparación y competencias como futuro profesional. Por lo que, con esta pasantía de práctica profesional se contribuyó en alguna medida a cubrir con la demanda actual de los servicios de laboratorios de suelos.

7. Metodología

Para ejecutar esta pasantía de práctica profesional en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), durante un periodo de seis meses se desarrollaron dos metodologías las cuales fueron; metodología de gabinete y de laboratorio:

7.1. Metodología de gabinete

7.1.1. Redacción del título

Se realizaron dos propuestas de título para el proyecto, los cuales fueron enviados al asesor externo del CENTA, se revisó y eligió un título que fue enviado al asesor interno quien finalmente dio el visto bueno para denominar el proyecto: “Aplicación e interpretación de los análisis físicos del suelo en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestales “Enrique Álvarez Córdova”.

7.1.2. Recopilación, análisis y redacción de la información para el proyecto

Se recopiló, analizo y redacto la información de distintas fuentes bibliográficas y asesorías técnicas de forma ordenada y se estableció de forma sistemática las actividades a desempeñar en la Figura 2, donde se establecen y describen de manera esquemática las actividades que se ejecutaron durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional.

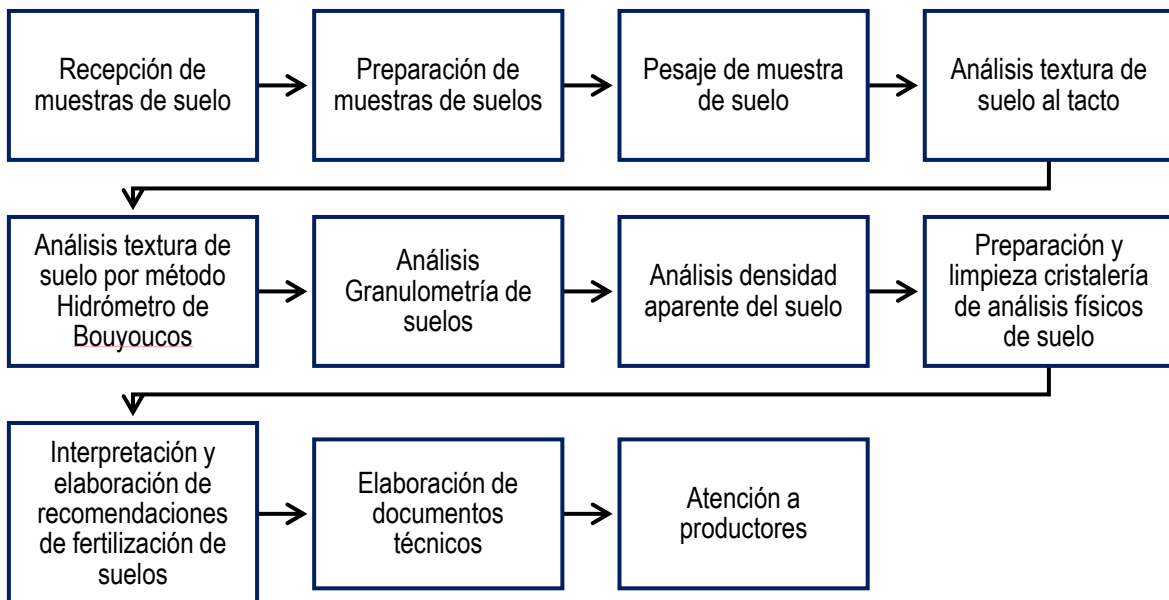


Figura 2. Esquema sistemático de actividades de la pasantía práctica profesional

7.2. Metodología de Laboratorio

Durante el desarrollo de la pasantía profesional en el laboratorio de suelos del CENTA, se aplicaron y ejecutaron diferentes actividades dentro del laboratorio de suelo como lo son: actividades en recepción de muestras, análisis físicos para determinar el estado en el que se encontraba el suelo, interpretación y elaboración de recomendaciones de fertilización de suelo, atención a productores y en ocasiones actividades emergentes.

7.2.1. Recepción de muestras de suelo

El usuario solicitante del análisis de suelo hace la entrega de la muestra recolectada en el área de recepción del laboratorio; para dar entrada a la muestra de suelo se debe llenar una hoja de registro colocando un código correlativo, además de datos específicos proporcionados por el usuario como lo son, la identificación de la muestra, profundidad del muestreo, disposición de riego o no, área del terreno, cultivo presente y cultivo anterior, análisis que se realizará, entre otros; los cuales servirán al momento de realizar la interpretación y elaboración de fertilización de suelo. Posteriormente se coloca la muestra de suelo en una bolsa de papel para pasar a la etapa de preparación de muestras de suelo dentro del laboratorio (Figura A-2).

Finalmente se registran en la base de software del laboratorio de suelo cumpliendo con lo establecido por el CENTA, establecido en el Manual de procedimientos administrativos para la recepción de muestras de suelo y la base legal: Ley de Creación de CENTA publicado el 8 de marzo de 1993, en el diario Oficial número 46, Tomo 318, Art.4. lit. f) Promover el uso generalizado de las opciones tecnológicas y de los servicios de laboratorio que apoyen a la producción. (CENTA 2021).

7.2.2. Preparación de muestras de suelos para ingreso del laboratorio

Primera etapa: las muestras de suelo contenida en bolsa de papel se colocan dentro de estufa secadora a temperatura de 60°C durante un periodo de 24 horas para eliminar la humedad contenida en el suelo, luego de cumplido el tiempo son retiradas para verificar que el suelo este totalmente seco, las muestras que no se encuentren 100% secas se introducen nuevamente en la estufa secadora con misma temperatura y tiempo; transcurrido el tiempo son retiradas de estufa secadora y pasan a la siguiente etapa (Figura A-3).

Es importante destacar que el CENTA (2017), estableció que, el secado de muestras de suelo será a una temperatura no mayor de 60°C en estufa, pues si se aumenta la temperatura ocurre un cambio

en el contenido de elementos presentes en el suelo, lo que afectaría a la validez de las metodologías analíticas.

Segunda etapa: se verifica que todas las muestras secas contenidas en las bolsas de papel estén bien distribuidas y que no halla la presencia de pequeños terrones o aglomeraciones de suelo, de ser así, son seleccionadas para pasar por la máquina de molino de suelo. Esta muestra es colocada en la parte superior del canal triturador, luego cae depositándose en una pequeña bandeja y se verifica que el suelo este totalmente molido; si aún existe presencia de terrones o conglomerados se repite nuevamente el molido; caso contrario se retira al tener una consistencia fina de suelo listas para la siguiente etapa. Esta técnica permite triturar el suelo dejándolo bien distribuido y permitiendo aprovechar en tu totalidad el suelo de la muestra (Figura A-4).

Tercera etapa: posteriormente de secado en estufa y molido las muestras son todas pasadas al cuarto de preparación donde serán tamizadas con tamiz mesh número 10 con apertura de 2 mm, se toma la muestra de suelo y es colocada en el tamiz, haciendo movimientos circulares de derecha a izquierda y luego de izquierda a derecha permitiendo el paso de las partículas del suelo, las cuales caen en una bandeja circular metálica; luego es colocada en cajas de cartoncillo con su número correlativo de identificación, finalizando de esta forma el proceso de preparación y dando inicio a la aplicación de cualquier análisis físico o químico dentro del laboratorio (Figura A-5).

7.2.3. Pesaje de muestra de suelo para análisis físicos

Las muestras de suelo contenidas en las cajas de cartoncillo son llevas al área de pesaje donde son pesadas con balanza semi-analítica; el peso a tomar de cada muestra dependerá del análisis a realizar, pero la metodología de pesaje es la misma, se enciende, se tara y limpia con escobilla la balanza antes de hacer el pesaje; se coloca el beakers o bandeja donde se colocará el suelo y se tara nuevamente para evitar errores en el peso. Luego con ayuda de cucharas volumétricas con capacidad de aproximada de 10 gr se toma suelo y se agrega suelo hasta llegar a los gramos necesario para los análisis. Después de realizar el pesaje de muestra de suelo se tara la balanza y se limpia con escobilla para pesar la siguiente muestra de suelo (Figura A-6).

Por lo que a continuación se presentan en el cuadro 2, los pesos requeridos para análisis físicos de suelo.

Cuadro 2. Análisis de suelo con peso requerido.

| Análisis | Peso requerido (gr) |
|---|----------------------------|
| Análisis por el método de textura al tacto | 10.0 |
| Análisis por el método de Hidrómetro de Bouyoucos | 50.0 |
| Análisis granulométrico | 1000.0 |

Fuente: elaboración propia

7.2.4. Análisis de suelos por el método de textura al tacto

Inicialmente se llevan las muestras de suelo y el folder de registros de textura al tacto, se toma aproximadamente 10 gr de las muestras de suelo con cuchara volumétrica contenidas en las cajas de cartoncillo, con agua destilada contenida en pizeta se humedece el suelo en la palma de la mano del ejecutor del análisis físico hasta obtener una consistencia equilibrada de agua-suelo, esté amasa gradualmente y mueve los dedos a modo de lograr una pequeña masa, posteriormente se frota entre los dedos y se identifica el tipo de textura de suelo y se registra en la hoja según la casilla del número correlativo de la muestra (Figura A-7).

Este análisis es de gran importancia económica para el trabajo en el campo, ya que influye decisivamente en el comportamiento del suelo respecto a su capacidad de retención de agua y nutrientes, permeabilidad, capacidad para descomponer la materia orgánica y manejo de riego, por lo que el CENTA en su paquete de “análisis de rutina” proporciona a los productores atendidos por agencias de extensión el servicio de forma gratuita por lo que incluye la determinación de textura al tacto, pH en agua, fósforo y potasio, además de la recomendación de fertilización de suelo; como parte de su compromiso de beneficiar a las familias agricultoras (CENTA 2021).

7.2.5. Análisis de suelo textura por método de Hidrómetro de Bouyoucos

Inicialmente se preparan beakers de 50 ml en grupos de 45 y 75, estos son lavados con agua destilada y secados con papel toalla, luego con plumón se coloca el número correlativo de identificación, pues serán los que contengan 50 gr de la muestra de suelo tamizado y pesado.

Luego se preparan los materiales y equipos como son: cilindros de Bouyoucos, hidrómetro, termómetro, agitadores eléctricos, vasos metálicos, agua destilada, alcohol al 90% y solución dispersante de Hexametáfosfato de sodio (Figura A-8).

En seguida se verifica cuanta solución dispersante se tiene disponible, si no es suficiente se prepara la necesaria, para ello, es pesando 35.70 gr de Hexametáfosfato de sodio y 7.94 gr de Carbonato de

sodio en balanza semi-analítica, se disuelven en agua destilada en balón volumétrico hasta aforar y llegar a un litro de solución dispersante, luego se almacena en bote de vidrio ámbar y está lista para ser usada en el análisis (Figura A-9).

Para iniciar el análisis se colocan 50 gr de muestra de suelo en una copa de dispersión, y se agregan 10 ml Hexametafosfato de sodio y se agrega agua destilada hasta llegar a un volumen de aproximadamente 4 cm abajo del borde de la misma, se conecta la copa de dispersión al agitador eléctrico, dejando agitar durante 15 min, pasado el tiempo se retira y se limpian las aspas del agitador eléctrico con agua destilada de modo que las partículas de suelo que han sido retenidas sean recolectadas en la copa dispersante, luego se vierte el contenido de la muestra en cilindro de Bouyoucos hasta llegar a 1205 ml sin dejar partículas de suelo en copa, por lo que, se lava con agua destilada contenida en pizeta, luego se afora con agua destilada hasta llegar a un volumen de 2 cm por debajo de 1130 ml del cilindro e inmediatamente inicia el agitado manual con agitador de hierro durante 20 segundos, se retira limpiando el agitador de hierro con agua destilada en pizeta, inmediatamente se sumergen suavemente dentro de la suspensión el hidrómetro de Bouyoucos y termómetro, a los 40 segundos exactos se hace la primera toma de lectura de los parámetros, si existe espuma en la suspensión que dificulte lectura se añade alcohol al 90% contenido en atomizador para evitar errores en la lectura, luego se retiran el hidrómetro de Bouyoucos y el termómetro lavándolos con agua destiladas y se deja en reposo la suspensión durante 2 horas para tomar la segunda lectura con hidrómetro y termómetro (Figura A-10).

Finalmente se anotan las lecturas de Hidrómetro de Bouyoucos (g/l) y termómetro (°C) en la hoja de registro, luego se realizan los cálculos para determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla; con estos valores se ingresa al Triángulo textural de suelo y se determina el nombre textural de la muestra de suelo.

Según (García *et. al.* 2008), mencionó que el método de hidrómetro de Bouyoucos es una metodología analítica muy fácil de implementar y permite obtener mediciones rápidas y suficientemente seguras para muchos de los propósitos de los usuarios.

7.2.6. Análisis Granulométrico de suelos

Para la determinación de los porcentajes de las partículas de suelo presentes en la muestra se ejecuta con el uso del juego de tamices de diferente apertura (Cuadro A-1); se prepara el material y equipo a usar para este análisis, se seleccionan los diferentes tamices colocados en columna y en orden

descendente de mayor a menor número de tamiz, donde pasara el suelo con la ayuda de un agitador granulométrico debido al estímulo del movimiento descendan las partículas del suelo, solo pasaran al siguiente tamiz las partículas de suelo que sean más finas logrando separarlas físicamente; se pesa 1000 gr de suelo en balanza Semi-analítica y se coloca en bolsa plástica, luego se vierte el suelo en el primer tamiz con apertura de 4.00 mm y se tapa asegurándose que la columna de tamices quede firme, se enciende el agitar granulométrico y se deja funcionar durante 5-10 minutos, luego de transcurrido el tiempo se apaga el equipo.

Posteriormente se retiran la columna de tamices, se separa cada tamiz con suelo y son llevados para pesar en balanza semi-analítica el suelo contenido en cada tamiz y se toma los datos para realizar los cálculos, se registran en hoja de datos, se interpreta y recomienda en base a los resultados obtenidos (Figura A-12).

Nota: los tamices a utilizar en este análisis dependen de la solicitud del usuario y el tipo de muestra a procesar.

Gutiérrez (2023), destaca que los análisis granulométricos permiten determinar las propiedades mecánicas y evaluar el comportamiento de los materiales en diferentes condiciones ambientales, por lo que, la información obtenida puede utilizarse en el diseño y construcción de cimentaciones, pavimentos, muros de contención; así como también, la selección de materiales para la estabilización y mejoras del suelo. Además de ser útiles para predecir el movimiento del agua a través del suelo, lo que es relevante para la evaluación de la permeabilidad, drenaje y capacidad de almacenamiento de agua en el subsuelo; así mismo la información granulométrica puede proporcionar una estimación preliminar de las características hidráulicas del suelo por lo este análisis permite diversas aplicaciones prácticas para la ingeniería civil, geotécnica y la agronomía.

7.2.7. Análisis de Densidad aparente de suelo

Este análisis se realizó por el Método del cilindro de volumen conocido (CVC), por lo que el usuario de este análisis debe de hacer el muestreo haciendo uso de los cilindros biselado o en su defecto solicitar asesoría técnica para obtener una muestra representativa y cantidad de suelo suficiente para mejores resultados.

Primera etapa: la recolección de la muestra de suelo se ejecuta seleccionando el área del terreno libre de raíces de árboles o cultivos, se limpia las hojarascas o materia orgánica presente en la capa

superficial del terreno y se procede a colocar el cilindro de volumen conocido en el suelo colocándolo el borde biselado lo cual ayudara a perforar más fácil la capa superficial del mismo, se golpea de forma uniforme con un mazo o martillo hasta que quede al nivel del suelo, se retira con ayuda de una navaja o pala, se remueve el suelo adherido a las paredes externas del cilindro, se tapa e identifica cada una de las muestra recolectadas, se coloca el número de muestra, lugar, fecha y persona que realizo el muestreo para ser llevadas a análisis físico de suelo en laboratorio (Figura A-13).

Segunda etapa: en el laboratorio, se llevan al área de pesaje, se colocan las muestras con los cilindros sin la tapa superior en balanza semi-analítica, se registran el peso en hoja de registros, luego son colocadas en estufa durante 24 horas a temperatura de 105°C, transcurrido el tiempo son retiradas todas la muestras de suelo de la estufa y son pesadas nuevamente en balanza semi-analítica, se toma el dato para determinar a través de fórmulas matemáticas la densidad aparente y el porcentaje de humedad relativa presente en el suelo (Figura A-14).

Es importante destacar que, al no tener a disposición los cilindros biselados para el muestreo, perfectamente el usuario puede conservar las muestras de suelo en bolsas de plástico estas entraran directamente al área de pesaje del laboratorio, luego se tamizan con tamiz mesh número 10 con apertura de 2 mm, el suelo tamizado se coloca en los cilindros biselados y se ejecuta el mismo proceso ya descrito en etapa dos para efectuar el análisis. Salamanca y Sadeghian (2005), mencionan que, la densidad aparente es la característica que en mayor grado influye sobre la productividad de los cultivos, debido a que está estrechamente relacionada con otras propiedades del suelo, pues cuando esta aumenta se incrementa la compactación y se afecta las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento radículas de las plantas.

7.2.8. Uso adecuado de equipo y cristalería de análisis físicos de suelo

Cardozo (2008), estableció que, todos los materiales en laboratorio deberán ser posteriormente a su uso lavados, secados y esterilizados para su reutilización, así como también, es necesario utilizar agua destilada para el enjuague o lavado del material, con el fin de quedar libre de residuos que afecten la precisión de los resultados de los análisis y demás metodologías analíticas aplicadas. Por lo que, Luego de culminar cada análisis físico se limpia el área de trabajo.

7.2.9. Elaboración de recomendaciones de fertilización de análisis de suelo

Según el conocimiento ejecutado y aprendido en las metodologías analíticas descritas a lo largo del proyecto, se identificaron los lineamientos a seguir para lograr una adecuada interpretación y elaboración de recomendaciones de fertilidad de suelo, los cuales se describen a continuación:

1. Ejecución de un muestreo adecuado al momento de recolección de submuestras.
2. Identificación de muestra de suelo y transporte hacia laboratorio.
3. Recibimiento y preparación de muestra de suelo (secado en estufa, molido y tamizado).
4. Desarrollo de metodologías analíticas dentro de laboratorio de suelos.
5. Procesamiento de datos y registros de resultados de cada una de las metodologías analítica ejecutadas en muestras.
6. Interpretación de cálculos ejecutados y elaboración de recomendaciones de fertilidad de suelo.

Posteriormente de finalizar esta etapa inicia el proceso adecuado que se sigue en general para elaborar una recomendación técnica de fertilización de suelo, por lo que se hace necesario describir los lineamientos a continuación:

1. Interpretación de resultados análisis físico-químicos de suelo.
2. Identificación de los requerimientos nutricionales del cultivo presente en el suelo analizado.
3. Identificación de los problemas y deficiencias del suelo.
4. Verificar estado de niveles críticos de nutrientes en el suelo.
5. Calcular las necesidades de fertilizantes presentes en el suelo.
6. Transformar elementos puros a fuentes comerciales disponibles.
7. Calcular la dosis de fertilizante comercial a aplicar al cultivo.

Al momento de ejecutar los lineamientos para la elaboración de recomendaciones de fertilización de suelo se elige la técnica a utilizar para el cálculo de la dosis de enmienda (Figura A-15).

7.2.10. Elaboración de documentos técnicos

Para el desarrollo de esta actividad se apoyó en la elaboración de documentos técnicos mediante el uso del sistema operativo software Microsoft Word para actualizar y redactar algunos aspectos del manual de análisis físico-químicos de suelo del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestales "Enrique Álvarez Córdova (CENTA), en las diferentes metodologías analíticas descritas en

el mismo, además de apoyar en llenado de hojas de registros de preparación de muestras de suelo previo a análisis físicos-químicos.

7.2.11. Atención a productores

La atención al usuario se provee de dos formas, por medio de vía telefónica y visita del usuario al laboratorio de suelo, donde se les brinda la atención sobre temas de, proceso de recepción de muestra, costos de servicios, forma de hacer muestreo de suelo, información sobre página web, horarios disponibles de atención, entre otros. Además de apoyar en la capacitación de otros jóvenes pasantes que llegaron posteriormente. (Figura A-16).

8. Resultados y discusión

8.1. Recepción de muestras de suelo

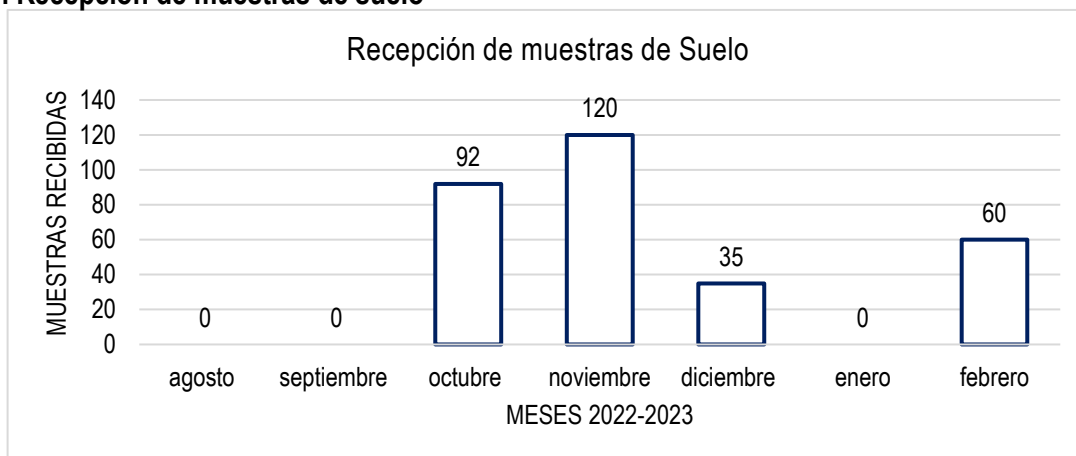


Figura 3. Muestras recibidas en área de Recepción en laboratorio.

Gráficamente se observa en la figura 3, la cantidad de muestras recibidas en el área de recepción de muestras, por lo que se obtuvo para el mes de noviembre el valor mayor de 120 muestras de suelo recibidas esto durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional de 7 meses en el año 2022-2023.

8.2. Preparación de muestras de suelos

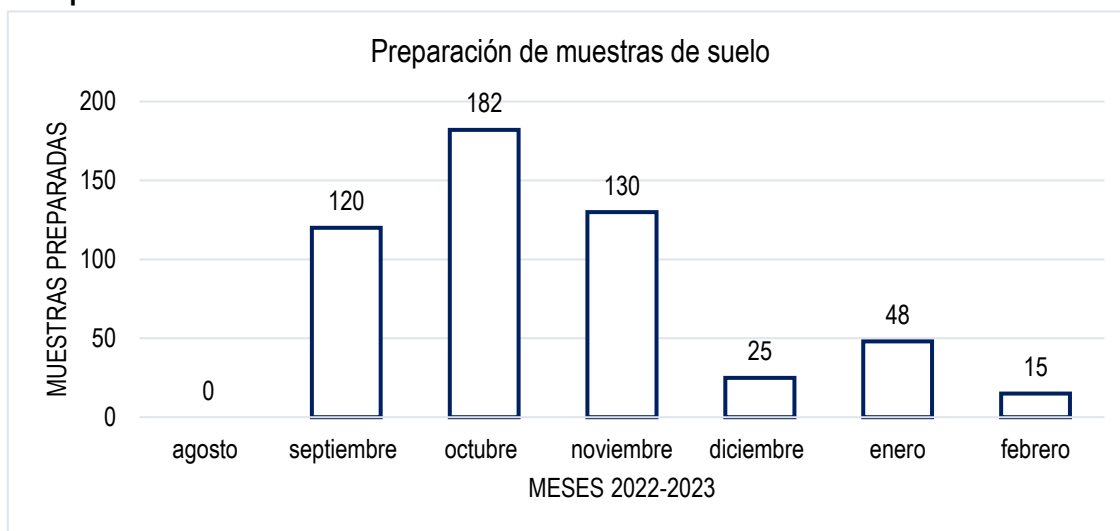


Figura 4. Muestras preparadas en área de Preparación en laboratorio.

Gráficamente se observa en la Figura 4, la cantidad de muestras procesadas en el área de preparación de muestras de suelo, por lo que se obtuvo para el mes de octubre el mayor valor 182 muestras de suelo, durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional de 7 meses año 2022-2023.

8.3. Pesaje de muestra de suelo



Figura 5. Muestras pesadas para análisis de suelo en laboratorio.

Gráficamente se observa en la Figura 5, las muestras de suelo que fueron pesadas para trabajarlas bajo diferentes metodologías analíticas, donde fue septiembre el mes con mayor número de muestras procesadas con un valor de 725 muestras de suelo, durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional en un periodo de 7 meses año 2022-2023.

8.4. Análisis textura de suelo al tacto

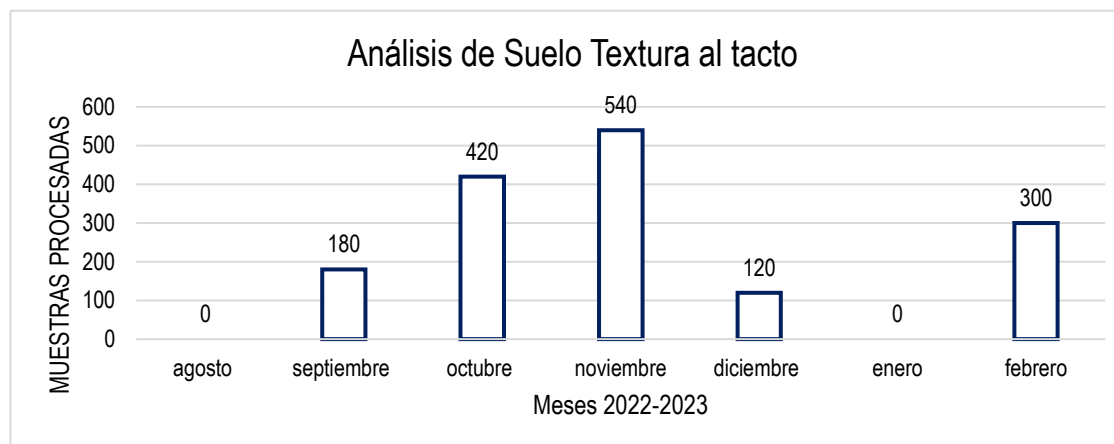


Figura 6. Muestras procesadas por el análisis de suelo textura al tacto en laboratorio.

Gráficamente se observa en la Figura 6, la cantidad de muestras a las que se determinó la textura del suelo por medio del análisis Textura al Tacto, por lo que se obtuvo para el mes de noviembre el valor mayor de 540 muestras procesadas, durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional en un periodo de 7 meses año 2022-2023.

8.5. Análisis textura de suelo por método Hidrómetro de Bouyoucos

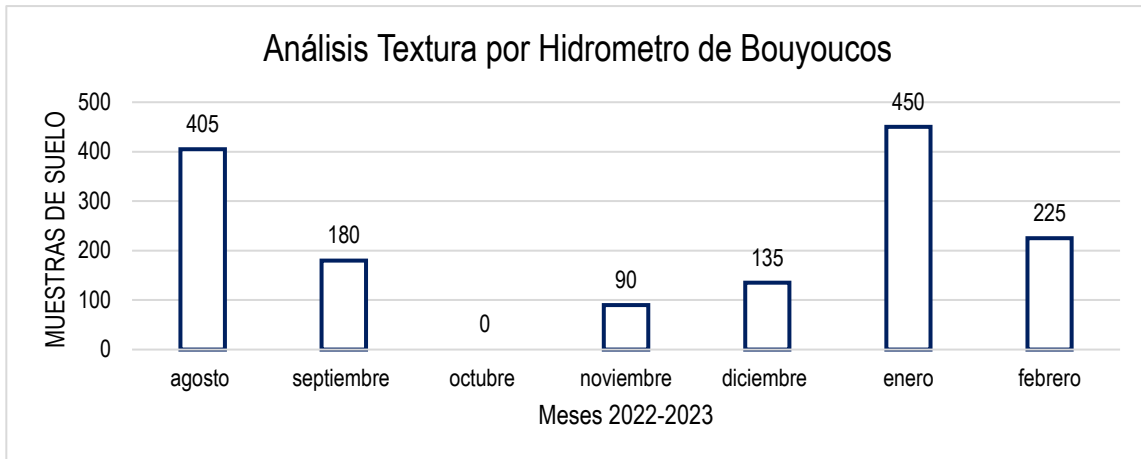


Figura 7. Muestras procesadas por el análisis Textura por Hidrómetro de Bouyoucos en laboratorio.

Gráficamente se observa en la Figura 7, las muestras de suelo que fueron procesadas bajo la metodología analítica el análisis Textura de suelo por Hidrómetro de Bouyoucos, por lo que se obtuvo para el mes de enero el valor mayor 450 muestras procesadas durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional en un periodo de 7 meses año 2022-2023.

8.6. Análisis Granulometría de suelos

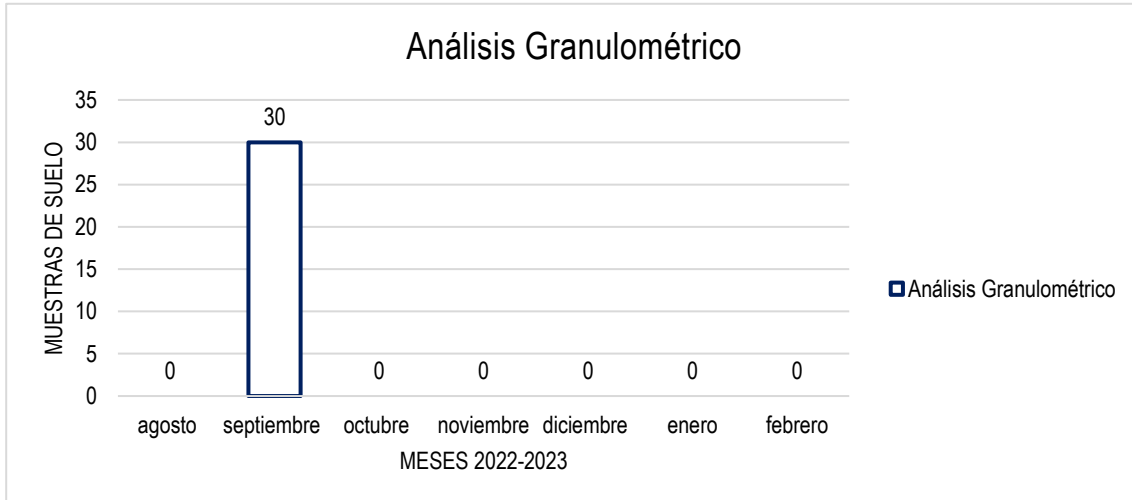


Figura 8. Muestras de suelo de análisis Granulométrico en laboratorio.

Gráficamente se observa en la Figura 8, las muestras de suelo a las cuales se le aplicó el análisis de granulometría para el mes de septiembre se obtuvo el valor mayor de 30 muestras procesadas durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional en un periodo de 7 meses año 2022-2023.

8.7. Análisis de Densidad Aparente del suelo.

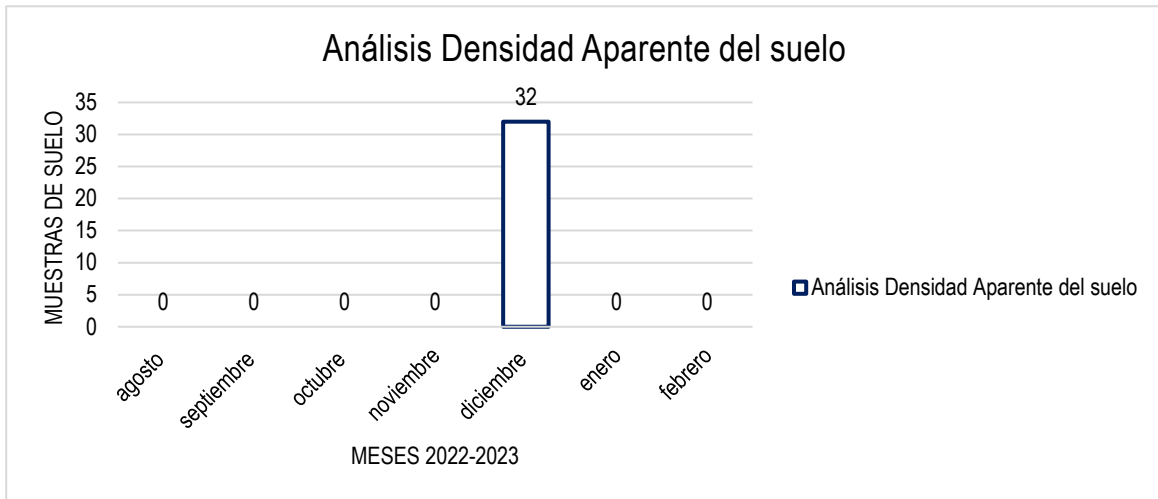


Figura 9. Muestras de suelo en análisis de Densidad Aparente en laboratorio.

Gráficamente se observa en la Figura 8, las muestras de suelo a las cuales se le aplicó el análisis de granulometría para el mes de septiembre se obtuvo el valor mayor de 30 muestras procesadas durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional en un periodo de 7 meses año 2022-2023.

8.8. Elaboración de recomendaciones de fertilización de suelos

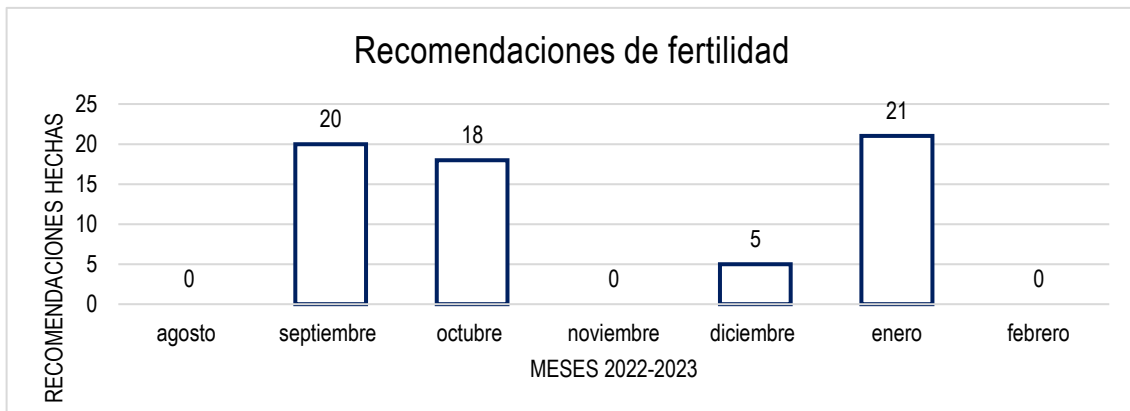


Figura 10. Interpretación y elaboración de recomendaciones de fertilidad suelo hechas en laboratorio.

Gráficamente se observa en la figura 9, las recomendaciones de fertilidad de suelo hechas de cultivos como granos básicos, hortalizas, frutales, caña de azúcar y café, por lo que se obtuvo para enero el valor mayor de 21 interpretaciones hechas con su respectiva recomendación durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional en un periodo de 7 meses año 2022-2023.

8.9. Atención a productores

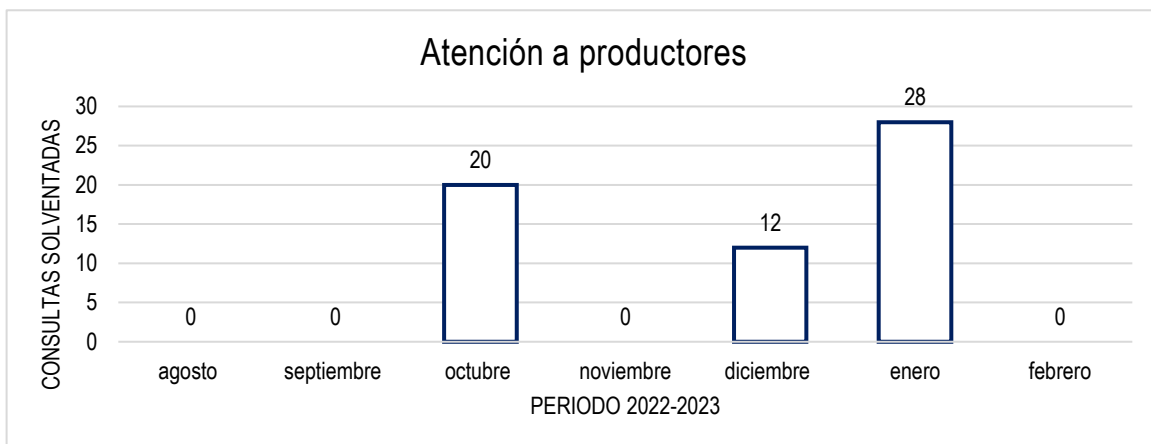


Figura 11. Atención a productores y asesoría técnicos solventada en el laboratorio de suelos.

Gráficamente se observa en la Figura 10, la atención brindada a productores solventados, dudas, consultas, preguntas y diversas inquietudes de los usuarios con respecto a los servicios de laboratorio de suelos de forma presencia y también vía telefónica por la extensión con la cuenta el CENTA, por lo que se obtuvo un valor mayor de 28 consultas solventadas para el mes de enero, en un periodo de siete meses durante el desarrollo de la pasantía de práctica profesional para el año 2022-2023.

8.10. Resumen de actividades de pasantía de practica profesional

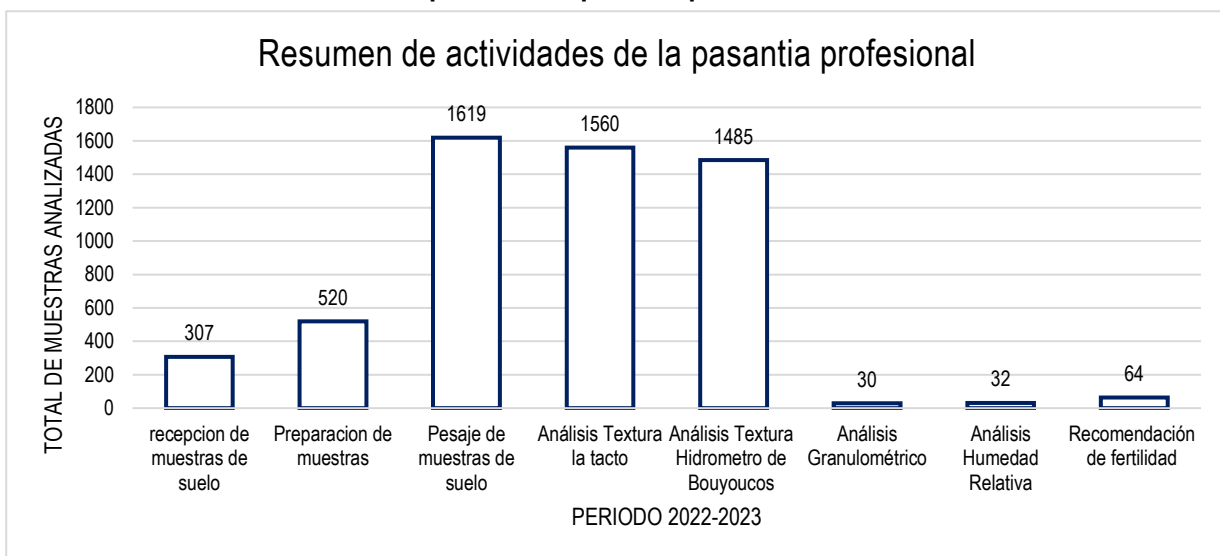


Figura 12. Resumen de actividades de la pasantía de práctica profesional.

Gráficamente se observa en la figura 11, se observa el cumplimiento de las metodologías analíticas aplicadas, es decir, todas las actividades que se realizaron a lo largo del desarrollo de la práctica profesional, en un periodo de siete meses en el año 2022-2023, por lo que se obtuvo la aplicación

mayor de la metodología analítica de pesaje de muestras de suelo con un valor mayor de 1,619 muestras de suelo, y un valor menor de 30 muestras de suelo a las que se le aplicó la metodología analítica del análisis Granulométrico, lo cual indica que el CENTA, constantemente ejecuta el pesaje de suelo para los diferentes análisis para los que son solicitadas las muestras de suelo y que el análisis que posee menor demanda es el análisis granulométrico.

9. Conclusiones

El Centro Nacional de Tecnologías Agropecuarias y Forestales “Enrique Álvarez Córdova”, posee los recursos necesarios para aplicar metodologías analíticas lo que permite generar resultados de alta confiabilidad en los análisis físicos en muestras de suelo.

Tener la oportunidad de realizar en el CENTA la pasantía de práctica profesional, amplió el conocimiento adquirido como parte de la formación académica recibida en el área de suelo durante la carrera de ingeniería agronómica a través de la aplicación de diferentes metodologías analíticas, interpretación de resultados y atención a productores en el laboratorio de suelos.

El laboratorio de suelo del CENTA posee cristalería, material y equipo técnico especializado lo que permite un aprendizaje del 100% más efectivo al momento de compartir el conocimiento para la aplicación de diferentes metodologías analíticas en las muestras de suelo.

El laboratorio de suelos del CENTA, al realizar los diferentes análisis de suelos y recomendaciones de fertilización de suelo desempeña un papel muy importante en el sector agrícola del país.

10. Recomendaciones

El Centro Nacional de Tecnologías Agropecuarias y Forestales “Enrique Álvarez Córdova”, debe de continuar aceptando jóvenes para realizar pasantías profesionales para transmitir la experiencia, competencias y conocimientos técnicos que poseen los profesionales técnicos del laboratorio de suelo.

11. Bibliografías

- Altamirano, E. 2019. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS EN LA MICROCUENCA JUN-JUN (en línea). Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, UTA. Consultado el 13 abril 2022. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20641.pdf>
- Cardozo, J. 2008. Procedimiento, limpieza y desinfección. Limpieza y desinfección de material reutilizable (en línea. pdf). Consultado el 30 may. 2023. Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/documents/17504/4327976/Instituto+de+Errores+Innatos+del+Metabolismo+-+Procedimiento+Limpieza+y+desinfecci%C3%B3n/b822eaa1-c075-403a-99cd-7eed0e0ebc17?version=1.0>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestales “Enrique Álvarez Córdova”). 2010. Laboratorio de suelo. Brochure (en línea, pdf). Consultado el 19 mar. 2023. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/download/brochure-del-laboratorio-de-suelos/>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2013. Guía de descripción del archivo institucional del CENTA (en línea, pdf). La Libertad. El Salvador. Consultado el 22 mar. 2023. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/centa/documents/145292/download&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=sv>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestales “Enrique Álvarez Córdova”). 2017. Manual de métodos físico-químicos de suelos. La libertad. El Salvador.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2018. Manual de organización y funciones (en línea, pdf). Consultado el 21 mar. 2023. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/centa/documents/274388/download>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2018. Plan operativo anual CENTA (en línea, Word). Consultado el 26 mar. 2023. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/centa/documents/229906/download>

- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2021. Manual de procedimientos administrativos para la recepción de muestras de suelo (en línea, pdf). Consultado el 21 may. 2023. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/centa/documents/424880/download>.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2022. Brochure del laboratorio de suelos (en línea, pdf). Consultado el 22 mar. 2023. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/download/brochure-del-laboratorio-de-suelos/>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2023. Laboratorio de suelos (en línea, sitio web). Consultado el 23 mar. 2023. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/servicios/suelos/>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”). 2023. Agencia de extensión (en línea, sitio web). Consultado el 03 agt. 2023. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/agencias-de-extension/>
- García, J.; Medina, H.; Núñez, D. 2008. 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 (en línea, pdf). Cultivos Tropicales 29(2):21-26. Consultado el 28 mar. 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193214882004>
- Gutiérrez, W. 2023. Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado (en línea, pdf). Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar 7(2):6908-6928. Consultado el 18 may 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/370736222_Ensayo_granulometrico_de_los_suelos_mediante_el_metodo_del_tamizado
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2022. La importancia del análisis de suelos (en línea). Consultado el 13 abril 2022. Disponible en: <https://inta.gob.ar/noticias/la-importancia-del-analisis-de-suelos>
- Mejía, J. 2022. Aumento en el costo de fertilizantes disminuirá producción de granos (en línea, sitio web). San Salvador. El salvador. Consultado el 13 mayo 2023. Disponible en:

<https://www.elsalvador.com/noticias/negocios/alza-costoinsumos-agricolas-disminuira-produccion/969232/2022/>

Salamanca, A y Sadeghian, S. 2005. LA DENSIDAD APARENTE Y SU RELACIÓN CON OTRAS PROPIEDADES EN SUELOS DE LA ZONA CAFETALERA COLOMBIA (en línea, pdf). Cenicafé 56(4):381-397. Consultado el 29 may. 2023. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>

Pineda, E y Vallecampo, A. 2009. Sistematización y validación de documentos básicos en el manejo y conservación de suelos y agua en zonas de laderas (en línea, pdf). Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador, UES. Consultado el 13 abril 2022. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1655/1/13100629.pdf>

Vieira, M; Ochoa, B; Fischler, M. 2000. Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zonas de ladera. Holanda.136p.

12. Anexos

Cuadro A-1. Apertura de tamices utilizados para el análisis de Granulometría en laboratorio de suelos.

| Nº de tamiz (ASTM) | Apertura | Apertura (Pulg.) | Nº de Mesh |
|--------------------|----------|------------------|------------|
| 5 | 4.00 mm | 1.57 | 5 |
| 10 | 2 mm | 0.787 | 9 |
| 18 | 1.00 mm | 0.394 | 16 |
| 20 | 841 µm | 0.0331 | 20 |
| 30 | 600 µm | 0.0234 | 28 |
| 35 | 500 µm | 0.197 | 32 |
| 60 | 250 µm | 0.0098 | 60 |
| 100 | 150 µm | 0.0059 | 100 |
| 140 | 105 µm | 0.0041 | 150 |
| 200 | 75 µm | 0.0029 | 200 |
| 325 | 44 µm | 0.0017 | 325 |

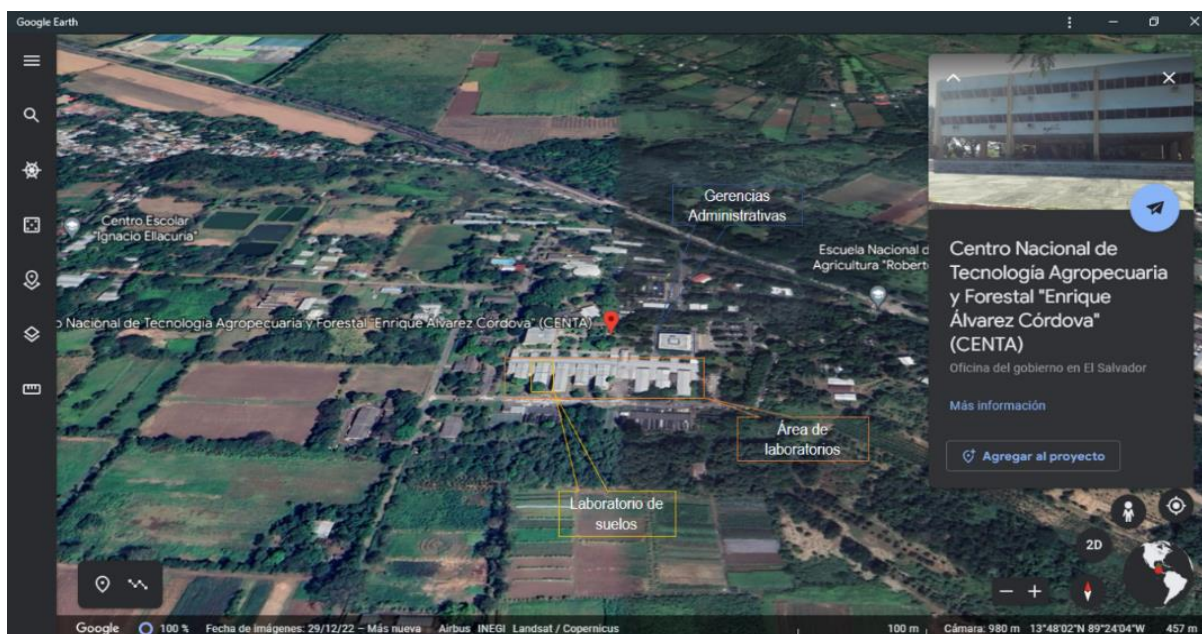


Figura A- 1. Captura satelital de la ubicación del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”.



Figura A- 2. Recepción de muestras de suelo por el pasante en el laboratorio de suelo.



Figura A- 3. Muestras de suelo dentro de estufa.



Figura A- 4. Molido de muestras de suelo en máquina trituradora.



Figura A- 5. Tamizado de muestra de suelo



Figura A- 6. Pesaje de muestras para análisis físicos.



Figura A- 7. Proceso para determinación de textura de suelo.



Figura A- 8. Preparación de material previo al pesaje de muestras para análisis de textura por Bouyoucos.



Figura A- 9. Preparación de Reactivos.



Figura A- 10. Proceso para determinación de textura por el método hidrómetro de bouyoucos.

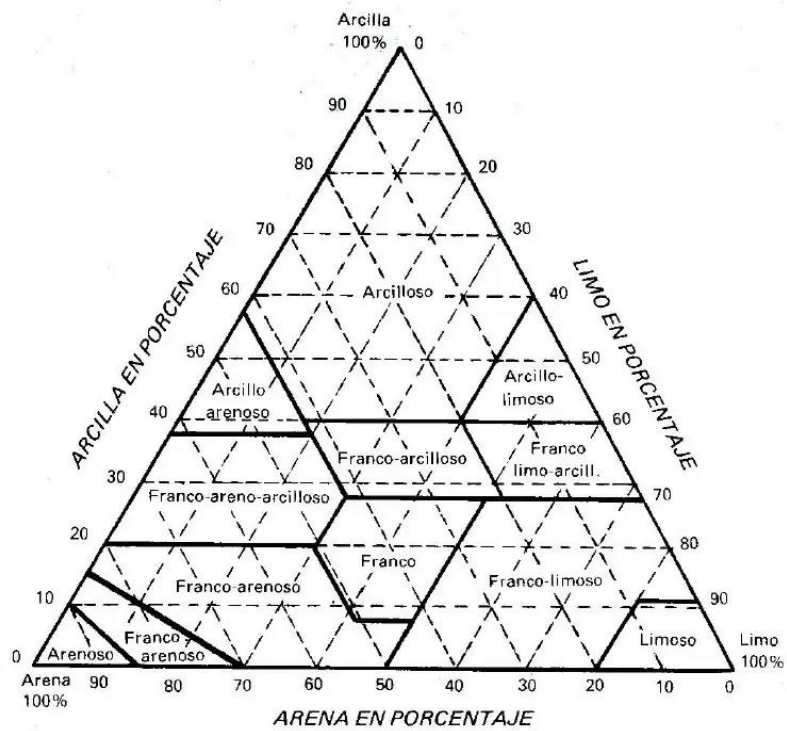


Figura A- 11. Gráfico para la denominación de los suelos según la textura.



Figura A- 12. Proceso para la determinación de Análisis Granulométrico



Figura A- 13. Proceso para determinar el Análisis de Densidad Aparente de suelo primera etapa.



Figura A- 14. Proceso para determinar el análisis de Densidad Aparente de suelo de segunda etapa.



Figura A- 15. Interpretación de resultados y recomendación de fertilización.



Figura A- 16. Apoyo en atención al usuario.