

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS  
FISICOQUÍMICO DE SUELOS EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA,  
SECCIONAL BUCARAMANGA.

ANGÉLICA MARÍA MUSKUS MORALES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2005

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS  
FISICOQUÍMICO DE SUELOS EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA,  
SECCIONAL BUCARAMANGA.

ANGÉLICA MARÍA MUSKUS MORALES

Monografía para optar por el título de Especialista en química ambiental

Director  
Claudia Sofía Quintero Duque  
Química. Esp. Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2005

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	19
4. MARCO DE REFERENCIA	20
5. METODOLOGÍA	24
6. DIAGNÓSTICO DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS	25
7. MANUAL DE LABORATORIO	27
8. PRESUPUESTO	83
9. ESQUEMA DE DISEÑO	84
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	87

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 7.1. Características de algunos iones comunes.	33
Tabla 7.2. Formato para la descripción del sitio de muestreo.	39
Tabla 7.3. Formato para el reporte de los colores Munsell.	43
Tabla 7.4. Reporte de resultados de los valores de pH.	46
Tabla 7.5. Resultados para la determinación de acidez intercambiable.	46
Tabla 7.6. Resultados obtenidos para la determinación de Al intercambiable.	47
Tabla 7.7. Clasificación de los resultados del pH del suelo .	47
Tabla 7.8. Clasificación de los suelos según el valor de pH encontrado.	48
Tabla 7.9. Reporte de los resultados obtenidos para materia orgánica.	51
Tabla 7.10. Clasificación de la cantidad de MO con respecto al clima	51
Tabla 7.11. Influencia de la MO con respecto a otras propiedades del suelo.	51
Tabla 7.12. Reporte de datos para la construcción de la curva patrón.	54
Tabla 7.13. Clasificación de la deficiencia de fósforo y su corrección.	55
Tabla 7.14. Procedimiento preparación de curvas patrón de cada elemento.	57
Tabla 7.15. Parámetros para medición en espectrofotómetro de AA.	58
Tabla 7.16. Reporte de datos de la concentración de bases intercambiables.	58
Tabla 7.17. Conversión de la concentración de las soluciones patrones de ppm.	59
Tabla 7.18. Reporte resultados CIC.	61
Tabla 7.19. Resultados de concentración, % saturación y bases totales.	62
Tabla 7.20. Estimativo de la cantidad de cationes intercambiables del suelo.	62
Tabla 7.21. Clasificación del porcentaje de saturación para cada elemento.	62
Tabla 7.22. Preparación de los patrones de trabajo	64
Tabla 7.23. Concentración de las soluciones de trabajo en ppm	64
Tabla 7.24. Longitud de onda para la lectura en el EAA.	64
Tabla 7.25. Reporte resultados de determinaciones de elementos menores.	64
Tabla 7.26. Concentración en ppm de cada uno de los patrones de trabajo.	65
Tabla 7.27. Concentración en ppm de los patrones de trabajo sin dilución.	65
Tabla 7.28. Clasificación del contenido de los elementos en el suelo	65
Tabla 7.29. Preparación patrones de Boro para curva de calibración.	67
Tabla 7.30. Reporte resultados espectrofotómetro para soluciones patrones.	67
Tabla 7.31. Reporte de resultados espectrofotómetro para soluciones patrones.	67
Tabla 7.32. Interpretación de resultados de la concentración de Boro obtenida.	68
Tabla 7.33. Correcciones para el hidrómetro a diferentes temperaturas.	70
Tabla 7.34. Reporte de resultados de textura.	71
Tabla 7.35. Reporte de resultados clases texturales.	72
Tabla 7.36. Reporte de resultados para humedad gravimétrica (HG).	75
Tabla 7.37. Resultados obtenidos para densidad real.	75
Tabla 7.38. Resultados obtenidos para densidad aparente.	76
Tabla 7.39. Resultados obtenidos para HV.	76
Tabla 7.40. Resultados obtenidos para agua almacenada	77
Tabla 7.41. Resultados obtenidos para peso de 1 Ha de suelo.	78
Tabla 7.42. Resultados obtenidos para porosidad.	78

Tabla 7.43. Resultados obtenidos para pH y conductividad.	80
Tabla 7.44. Resultados obtenidos para extracto de saturación.	80
Tabla 7.45. Resultados obtenidos porcentaje de saturación	81
Tabla 6.46. Resultados obtenidos Na extraído con acetato.	81
Tabla 7.47. Resultados obtenidos para CIC.	81
Tabla 7.48. Reporte de resultados para Na soluble, intercambiable y PSI.	82
Tabla 7.49. Clasificación de los resultados obtenidos para salinidad.	82

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 4.1 Composición física del suelo.	19
Figura 6.1 Ubicación del laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos	24
Figura 7.1. Pasos para realizar un muestreo de suelos	33
Figura 7.2. Método zig-zag para tomar muestras de suelo.	34
Figura 7.3. Pasos previos al análisis de una muestra de suelo.	36
Figura 7.4. Tabla de comparación de color Munsell.	40
Figura 7.5. Triangulo textural.	70

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Detalle del presupuesto para la propuesta de implementación del laboratorio de análisis de suelos.	85
Anexo B: Cotizaciones recibidas.	86
Anexo C: Registro fotográfico.	

## GLOSARIO

Calicata: apique o hueco de dimensiones de 1m x 1m x 1m que se construye en el suelo para el estudio de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Coloide: partícula mineral u orgánica de diámetro inferior a 0.002 milímetros, con capacidad para retener iones y agua en el suelo.

Coluvio: forma de relieve ligeramente inclinado, contiguo a las colinas.

Degradación: Se entiende por procesos de degradación del suelo el conjunto de reacciones de tipo físico, químico o biológico y sus interacciones que afectan a la capacidad de autorregulación de los suelos y a su productividad.

Fisiografía: término empleado para designar paisajes o formas de relieve como colinas, valles, piedemontes, altiplanos, sabanas, planicies etc..

Hidrómetro: instrumento utilizado en el laboratorio de suelos para determinar la densidad de las partículas en suspensión.

Ionización: producción de iones a partir de átomos o de moléculas.

Meteorización: descomposición o alteración de la roca causada por agentes físicos, químicos y biológicos.

Solución del suelo: medio acuoso donde se concentran todos los iones (cationes y aniones) que constituyen la solución nutritiva del suelo, de donde las raíces toman su alimento.

## RESUMEN

TITULO: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE SUELOS EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL BUCARAMANGA. \* \*

AUTOR: ANGÉLICA MARÍA MUSKUS MORALES. \*\*

### PALABRAS CLAVES

Suelos.

Análisis fisicoquímico de suelos.

Laboratorio de análisis de suelos.

Implementación de laboratorio de suelos.

El presente trabajo propone una alternativa económicamente viable para la implementación de un laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.

El suelo actúa como soporte de todas nuestras actividades, posibilitando la producción de los recursos naturales, el crecimiento vegetal y la filtración del agua; además participa de forma activa en los ciclos geoquímicos de los elementos; por todas éstas razones es necesario comprender las características físicas y químicas del suelo, para propiciar la productividad y el equilibrio ambiental o sostenibilidad. Así mismo, es importante el análisis fisicoquímico y la evaluación de la calidad del suelo para el establecimiento en su superficie de un determinado uso. Los riesgos de una alteración grave de la calidad del suelo pueden suponer para la salud pública, los ecosistemas, la productividad de las explotaciones y la integridad de edificaciones e infraestructuras, una magnitud tal que constituyen razón suficiente para restringir los usos actuales y futuros del terreno.

Para ayudar a solventar esta problemática ambiental y a través de la facultad de Ingeniería ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga, se planteó la propuesta de la apertura del laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos para complementar el estudio de este recurso.

El desarrollo del proyecto inició con la consulta y recopilación bibliográfica para poder definir las prácticas de laboratorio que serían incluidas en el manual, una vez definido el manual de laboratorio se elaboró el presupuesto en base a la evaluación inicial de equipos, materiales y reactivos con los que se disponía para la implementación del laboratorio. Finalmente se elaboró un diseño sobre las necesidades de espacio físico requerido y se presentó la propuesta final.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de química; programa: especialización en química ambiental; director: Claudia Sofía Quintero Duque.

## ABSTRACT

REGULAR: PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A LABORATORY OF PHYSIOCHEMICAL ANALYSIS OF SOIL IN THE PONTIFICE UNIVERSITY BOLIVARIANA, SECTIONAL BUCARAMANGA. \* \*\*

AUTHOR: ANGELICA MARÍA MUSKUS MORALES. \*\*

### KEYWORDS

Soil.

Physiochemical analysis of soil.

Soil analysis laboratory.

Soil laboratory implementation.

The present work proposes an economically viable alternative for the implementation of a laboratory of physiochemical analysis of floors in the Pontifice University Bolivariana, sectional Bucaramanga. \*\*\*

The soil acts as backup of all our activities, enabling the production of the natural resources, the vegetable growth and the filtration of the water; besides participates of active form in the geochemical cycles of the elements; for all these reasons is necessary to understand the physical characteristics and chemistry of the floor, to favor the productivity and the environmental equilibrium or sustainability. Thus same, it is important the physiochemical analysis and the evaluation of the quality of the floor for the establishment in its surface of a determined use. The risks of a serious alteration of the quality of the floor can suppose for the public health, the ecosystems, the productivity of the exploitations and the integrity of buildings and infrastructures, a magnitude such that constitute sufficient reason to restrict the future and present uses of the land.

To help to settle this problematic environmental one and through the faculty of environmental Engineering of the Pontifice University Bolivariana, sectional Bucaramanga, the proposal of the opening of the laboratory of physiochemical analysis of floors was presented for complement the study of this resource.

The development of the project initiated with the consultation and bibliographical collection to be able to define the practices of laboratory that would be included in the manual, once definite the manual of laboratory devised the budget in base to the initial evaluation of teams, material and reagents with the ones that was arranged for the implementation of the laboratory. Finally it devised a design on the needs of physical space required and the final proposal was presented.

---

\*Monograph

\*\*Faculty of chemistry; program: specialization in environmental chemistry; director: Claudia Sofía Quintero Duque.

## INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con 1.141.748 Km<sup>2</sup> de territorio continental y 988.000 Km<sup>2</sup> de territorio marino que dependen del clima tropical que los moldea y altera, de la vegetación que los protege, de la variedad geológica y de relieve presente en todo el territorio y de los seres vivos en general que reciclan o simplemente retienen nutrientes. De esta forma podemos decir claramente que Colombia presenta una amplia diversidad de suelos con características especiales, los cuales son el sustento de la producción nacional y de la multiplicidad de usos del territorio, esto los hace únicos y los diferencia de otras regiones del mundo. Actualmente Colombia presenta serios problemas de conservación de suelos, producto de la tala indiscriminada, el sobrepastoreo, el conflicto armado, los cultivos ilícitos y la contaminación procedente del uso de agroquímicos y pesticidas, que aceleran la erosión, acidificación u oxidación y la degradación de los mismos.

La Universidad Pontificia Bolivariana a través de la Facultad de Ingeniería Ambiental, ha adquirido un serio compromiso con el medio ambiente primero por medio de la apertura de la especialización en ingeniería ambiental, segundo con la apertura de el programa de ingeniería ambiental y tercero por tener siempre presente en sus procesos de operación el medio ambiente, propiciando el desarrollo sostenible de la región. Este compromiso adquirido con el medio ambiente, se quiere enfatizar con la creación y apertura del laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos, por medio del cual se brindará al estudiante de ingeniería ambiental un espacio en el cual se le permitirá realizar análisis de suelos con el fin de que se adquieran destrezas y fortalezas en metodología para recolección, almacenamiento, análisis de muestras e interpretación de los resultados posteriores por medio de los informes de laboratorio. Además se estudiarán algunas técnicas tendientes a la remediación de suelos utilizadas actualmente.

El proyecto "propuesta para la implementación de un laboratorio de fisicoquímica de suelos en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga", tiene como objetivo describir una serie de métodos de campo y procedimientos químicos analíticos que pueden emplearse para el muestreo, análisis e interpretación de resultados de una muestra de suelo, con el fin de que el estudiante de Ingeniería Ambiental tenga una visión más profunda sobre el grado de contaminación, el tratamiento que se les puede aplicar y la recuperación de los mismos contribuyendo al desarrollo sostenible de la región. El proyecto irá acompañado de una evaluación económica y de un diseño de la distribución física de la locación del laboratorio.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suelo debe ser definido teniendo en cuenta no solo la geología y formación sino también se deben tener en cuenta una serie de variables químicas, físicas y biológicas que intervienen en la definición de sus características y propiedades particulares que nos indicarán su productividad, estabilidad y grado de degradación. Klesta y Bartz (1996) expresaron, que con mucha frecuencia la importancia de los análisis físicos, químicos y biológicos en los suelos no es determinante o tenido en cuenta, a pesar de que estos parámetros de estudio pueden definir a ciencia cierta el uso adecuado de este recurso.

El estado actual de los suelos, depende fundamentalmente, del grado, tipo e intensidad de intervención antrópica. La intervención antrópica sobre los suelos, puede ocasionar efectos tanto positivos como negativos, los cuales pueden ser inmediatos, de corto o largo plazo; ser instantáneos o progresivos y de carácter reversible o irreversible. El estado actual, y por consecuente la calidad de los suelos, también puede ser afectado por factores naturales lentos, rápidos o progresivos o por cambios naturales o inducidos.

Según un estudio realizado por el IDEAM, en Colombia, desde la perspectiva de la intervención de los espacios por parte de las actividades humanas, la superficie del territorio nacional se puede dividir en tres tipos de áreas: las intensivamente intervenidas (26%), las parcialmente intervenidas (15%) y las levemente o no intervenidas (59%). Las primeras corresponden a los agroecosistemas, las áreas de explotación minera, las ocupadas por asentamientos humanos y los bosques plantados. Las segundas comprenden los agroecosistemas fragmentados y las sabanas orientales, ocupadas por ganadería extensiva. Las terceras están constituidas por el interior de la Amazonía, algunas áreas de la región Pacífica, zonas de difícil acceso, como el tapón del Darién, y otras zonas de ladera con fuertes pendientes.

De las tierras intervenidas, las adecuadamente manejadas representan el 37.7%, las tierras subutilizadas el 26.6% y las sobreutilizadas el 32.7%.

La subutilización de las áreas intervenidas es producto de tierras con vocación agrícola, en especial para cultivos transitorios intensivos y semi-intensivos, que están, en la actualidad utilizadas en actividades pecuarias de tipo extensivo y, por tierras de vocación agrícola utilizadas en actividades agropecuarias menos intensas, representadas por pastos naturales y arbolados, asociaciones de pastos con cultivos, rastrojos y matorrales.

La sobreutilización de las áreas intervenidas se asocia con la presencia de actividades agropecuarias en tierras fundamentalmente recomendadas para usos forestales de protección, protección – producción y para la conservación y recuperación integral de los recursos hídricos.

Las áreas intensa y parcialmente intervenidas se han desarrollado gracias al insuficiente conocimiento de los ecosistemas, las deficientes prácticas agrícolas, la ausencia de planificación, previsión, control y seguimiento de las actividades desarrolladas en los

suelos y a la explotación irracional; lo que ha generado en muchos casos, procesos de deterioro, a veces irreversibles, y alteraciones en los ciclos naturales, que aumentan las situaciones de riesgo, erosión, inestabilidad, fragilidad y de insostenibilidad de las actividades.

La degradación física, química o biológica se manifiesta en: pérdida de elementos protectores y generadores del suelo; pérdida de funciones reguladoras y protectoras de las aguas; erosión y sedimentación; suelos compactados; áreas contaminadas por desechos y aguas negras urbanas, por residuos industriales tóxicos o bien, por agroquímicos; salinización; desestabilización de vertientes ó pérdida de suelos productivos.

Las causas principales de la degradación física son la mecanización y labores culturales inadecuadas. Se manifiesta con la compactación de los primeros centímetros de suelo, conocida como capa de arado, la pérdida de la estructura y el afloramiento de horizontes no aptos para usos agropecuarios.

La agricultura intensiva, por su parte, origina la contaminación de suelos debido a el manejo y sobredosis de agroquímicos, llámense fertilizantes o pesticidas, ocasionando impactos ambientales a nivel del desarrollo de los organismos del suelo, responsables de procesos biológicos, que mantienen una oferta biogeoquímica en los suelos del trópico colombiano.

La acidificación y la toxicidad, por el al manejo de los fertilizantes y pesticidas, y la salinización, especialmente por diseños, operación y mantenimiento deficientes de los distritos de riego y drenaje, son otras de las causas de la degradación de los suelos.

Las áreas más afectadas por compactación, contaminación por agroquímicos y salinización en Colombia según un estudio realizado por el IDEAM, son: la altiplanicie Cundiboyacense, la zona Tocaima-Girardot y las llanuras del Tolima.

En cuanto a los suelos más afectados por compactación, se encuentran en las áreas del río Sinú, llanuras del Tolima, Aquitania, llanuras del Huila, zona Tocaima-Girardot y altiplano Cundiboyacense.

Los suelos más afectados por contaminación con agrotóxicos corresponden a altiplanos de Rionegro y Cundiboyacense, llanuras del Tolima, llanuras del Huila, zona Tocaima-Girardot, río Sinú, Aquitania, valle de Samacá y Ábrego. Las tendencias a la salinización se presentan en las planicies de Atlántico y Bolívar, zona de Ciénaga y Fundación, valles de los ríos Cesar y Ariguaní, altiplano Cundiboyacense, zona de Tocaima - Girardot, llanuras del Tolima y en el valle del Cauca.

Las zonas escasamente intervenidas están ocupadas por comunidades indígenas, las cuales mantienen una relación armónica con el medio natural, basada en conocimientos ancestrales sobre el funcionamiento de los ecosistemas en los territorios que ocupan.

Para lograr el desarrollo sostenible es necesario, en primer lugar, conocer los comportamientos o funcionalidad de los activos naturales del país y deducir su manejo

sostenible, teniendo en cuenta sus limitaciones y vulnerabilidad frente a las diferentes actividades, tanto antrópicas como naturales. El suelo es un recurso natural de muy lenta renovación, y en el medio colombiano se caracteriza por ser muy frágil y susceptible a perder su capacidad productiva por degradaciones y contaminaciones causadas por proyectos de desarrollo agropecuario, vial, energético, urbano e industrial, entre otros.

Con el fin de conocer las bondades y limitaciones de los suelos con relación los diferentes usos y de contar con unos parámetros físicos, químicos y biológicos, que permitan hacer seguimiento sobre niveles de degradación y de contaminación del recurso, se deberá analizar la información con los indicadores de productividad, estabilidad y degradación. Esta evaluación se deberá complementar con información acerca de la estabilidad de la formación superficial, la litología y los sistemas morfogénicos para tener un concepto integral.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En el 2019 Colombia deberá alcanzar sus metas de desarrollo económico y social con fundamento en el aprovechamiento sostenible del medio ambiente, los recursos naturales y la biodiversidad. Deberá para esto enfatizarse en la inclusión de criterios ambientales en los procesos de planificación sectorial y territorial, definiendo un marco regulatorio moderno y eficaz. Con esto, en el 2019 los procesos de pérdida o degradación de los recursos naturales y los ecosistemas estratégicos deberán haber disminuido o revertido, y los problemas de contaminación de los centros urbanos e industriales deberán haber caído a niveles tolerables hacia el 2019<sup>1</sup>.

El suelo es uno de los recursos que la naturaleza pone a nuestra disposición para subvenir a nuestras necesidades. Del suelo obtenemos todos los productos de origen vegetal, algunos pueden directamente servirnos de alimento y otros permiten la alimentación de los animales, de los que no solo obtenemos nutrientes sino otra serie de productos como vestido, calzado y diversos enseres que facilitan nuestra vida. Los vegetales no solo son el punto de partida de la cadena trófica sino que nos proporcionan fibras textiles, madera, resinas y un sin fin de productos de utilidad inmediata o diferida tras su transformación. Los bosques y las masas herbáceas permiten mantener el equilibrio gaseoso de la atmósfera y los primeros contribuyen a regular el ciclo del agua en la naturaleza, favoreciendo la condensación de la humedad atmosférica y provocando la lluvia.

Todo lo que antecede no sería posible sin la existencia del suelo, que está limitado en su superficie y de la cual una parte, cada vez mayor, la hemos de dedicar a construir nuestras viviendas, las infraestructuras de transporte, las industrias e incluso a almacenar nuestros desechos. De ello podemos inferir que sin él no sería posible la vida sobre la tierra, al menos en la forma que la conocemos.

El suelo no es un cuerpo estático sino que mantiene un equilibrio dinámico con el medio que lo rodea. De modo que continuamente se está formando y destruyendo. Su destrucción está provocada por los fenómenos erosivos cuya intensidad natural es similar a la de su formación, una vez alcanzado el equilibrio y alcanzado el espesor máximo que corresponde a su situación natural. Desde este punto de vista, el suelo es un recurso natural renovable, mas la realidad es desgraciadamente diferente y en la actualidad se ha convertido en un recurso no renovable por la forma en que hemos incrementado la velocidad de destrucción mientras que la de formación permanece invariable.

Anteriormente los suelos se describían como desprovistos de agua, fauna y microorganismos, con niveles freáticos bajos y con unos componentes minerales y orgánicos propios de las zonas templadas del mundo. Esta concepción del suelo se basaba

---

<sup>1</sup> Tomado de visión Colombia II centenario. Pág. 41.

en la necesidad de contar con ciertos componentes y condiciones propicias para el funcionamiento óptimo de la agricultura.

Actualmente, la visión integral del suelo permite reconocer en Colombia una serie de ecosistemas diferentes y únicos, cuyos componentes internos y externos integrados son los que le dan al suelo determinadas características de productividad y estabilidad y le definen su estado de degradación.

El concepto del análisis integral del suelo, involucra la medida y evaluación de las características físicas y químicas practicadas a una muestra que, tomada con criterio técnico de campo, representa en sus resultados la aptitud física, la fertilidad química de un suelo para destinar su uso específico ya sea agrícola, forestal, construcción, recreación, etc... o para determinar y definir un tratamiento que permita su utilización o aprovechamiento.

El conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas progresivas que adquieren los suelos bajo la acción combinada de los factores del medio, hacen del suelo un medio natural, complejo y dinámico, con características originales que lo convierten en autónomo, y también, una formación continua en constante evolución, soporte de la vida vegetal.

La alteración de alguna de estas propiedades ya sea por agentes físicos o químicos, causan la degradación del suelo, la cual es la disminución de la capacidad para soportar vida, no solo la vegetal, que es la más aparente, sino también la de la microflora y de la fauna propia del mismo. Las principales causas de esta degradación son la deforestación y explotación de bosques, el sobrepastoreo, el manejo incorrecto de suelos agrícolas, la sobreexplotación de la vegetación para usos domésticos y las actividades industriales.

El deterioro de las características o propiedades físicas de suelos se reflejará en la capacidad de retención del aire y agua en el suelo, la retención de humedad, la aireación del suelo, la actividad de los organismos, la disponibilidad de nutrientes, el desarrollo de las raíces y la capacidad de sostén de las plantas, estas propiedades repercuten en la fertilidad del suelo. Por otra parte, el deterioro de las características químicas del suelo afectarán de igual manera la fertilidad, la clasificación, conservación y manejo del mismo.

Así mismo, la interpretación es la etapa más importante y difícil del análisis de suelos, ya que el objetivo principal de la interpretación es el de hacer un diagnóstico integral de la aptitud física y química del suelo para un uso específico, es necesario, además de los resultados analíticos registrados por el laboratorio, conocer el ambiente climático en el cual se desarrolla la especie, su fisiología y el uso y manejo actual. Si estos aspectos se logran interrelacionar, es posible definir acertadamente el uso adecuado que se le podrá dar al suelo, así como su tratamiento o remediación.

Con la apertura del laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos se proyecta al ingeniero ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana como un profesional que se encuentre en la capacidad de aportar a la comunidad una visión amplia sobre el manejo de los recursos naturales, entre ellos se deberá incluir el manejo del suelo.

La base para la realización de este proceso, es el estudio y el análisis de cada una de las características físico-químicas del suelo y de este modo comprender cada uno de los procesos que se llevan a cabo en él, de esta manera podrá saber como actuar con el fin de propender su conservación por medio de aplicación de tecnologías; podrá mantener su fertilidad; podrá evitar, prevenir y controlar su degradación, contaminación e impactos sobre el medio ambiente, sobre los asentamientos humanos o cualquier tipo de infraestructura; también podrá determinar niveles de contaminación y procurar atenuar, en lo posible y nunca acelerar, la pérdida por erosión.

El Ingeniero de la UPB, interesado en el manejo del recurso suelo tendrá la facultad de realizar una buena gestión del recurso, optimizando la capacidad de uso, con miras a procurar utilizarlo eficientemente, dentro de las múltiples necesidades que surjan. También aportará sus conceptos acerca del grado de contaminación de un suelo por medio de la comparación con valores definidos por las normas internacionales.

La visión del laboratorio será apoyar la academia en la ejecución de proyectos de pregrado y postgrado e investigación, así como a la comunidad en general por medio de la prestación de servicios de análisis de suelos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta viable para la implementación de laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar consulta bibliográfica y recopilación de información sobre los elementos teóricos básicos para la comprensión de los diferentes procesos que se dan lugar en el suelo.
- Realizar consulta bibliográfica sobre los diferentes tipos de alternativas para remediación de suelos contaminados.
- Investigar las diferentes técnicas de análisis para la realización de un estudio fisicoquímico básico de suelos.
- Investigar los procedimientos para el muestreo y análisis de una muestra de suelo.
- Elaborar el manual de laboratorio de suelos.
- Plantear una propuesta de diseño para el espacio físico del laboratorio.
- Realizar el presupuesto para el desarrollo de la propuesta de implementación.

#### 4. MARCO DE REFERENCIA

Las interpretaciones del estudio del suelo son predicciones acerca del comportamiento de este bajo condiciones establecidas; nos indican alternativas para su uso y manejo, así como los resultados que se pueden esperar. Al hacer las interpretaciones, se predice el comportamiento de las características individuales del suelo ya que cada una influye en las otras. Sin embargo, sí se requiere estudiar estas características en forma individual para ayudarnos a comprender el suelo en su totalidad. Es un hecho que ningún suelo individual ni clase de suelo es una simple suma de sus características. Cada uno es una combinación única de características con muchas posibilidades de interpretaciones que resulta en un comportamiento predecible único.

En este sentido, la determinación de cada una de las propiedades físicas y químicas representativas en una muestra de suelo, se convierte en uno de los pasos para definir y clasificar la aptitud del suelo a determinados usos.

El suelo, es un "ente" tridimensional, trifásico que nace a partir de la roca madre y evoluciona en función de los factores como: clima, roca madre, topografía, organismos y tiempo. Cada uno de estos factores tiene muchas variables y la combinación de estas variables nos da como resultado una amplia gama de suelos con características peculiares y que requieren por tanto de un manejo específico.

Las tres fases que componen el sistema suelo son:

La fase sólida, compuesta por el conjunto de las partículas inorgánicas (cristalinas y no cristalinas) y las orgánicas. La fase líquida, que la componen el agua y los solutos que están disueltos en ella, es decir, la fase líquida es, en realidad, una solución: la solución del suelo. La fase gaseosa o atmósfera del suelo, formada por todos aquellos compuestos que se presentan en forma gaseosa y cuyos representantes más abundantes, en condiciones de aireación adecuada del suelo son el CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y vapor de agua.

##### 4.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Físicamente, el suelo es un medio poroso compuesto por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La proporción idealizada en que deben estar las tres fases del suelo, para ofrecer un medio adecuado al crecimiento de las plantas, se esquematiza en la Figura 4.1.

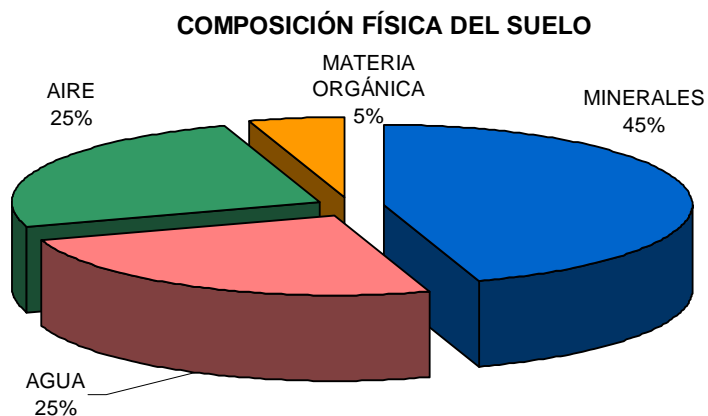


Figura 4.1 Composición física del suelo.

Al definir la composición y la organización de la fase sólida, queda definido, también, el espacio que van a ocupar las otras dos fases. Al entender las relaciones planteadas se puede, entonces, hacer un uso y un manejo racionales del agua, de la aireación y del espacio para las raíces, evitándose problemas de compactación y de erosión, es decir, de degradación física del suelo.

4.1.1 La textura : Se determina por el método de Bouyoucos.

Es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar). La textura juega un papel importante en la capacidad de retención y disponibilidad de agua y consecuentemente en la programación del riego.

4.1.2 Color en una muestra de suelo: Se determina por comparación con la tabla de colores Munsell. Característica morfológica más visible y manifiesta del suelo. Puede tener su origen en la materia orgánica del suelo, en la presencia de los óxidos de hierro ó en otros materiales

4.1.3 Humedad:

Es el contenido de humedad en el suelo. Puede ser calculada en base a el peso seco del suelo, se expresa en porcentaje y se denomina humedad gravimétrica. También se puede expresar teniendo en cuenta el volumen, esto es, multiplicando la humedad gravimétrica por la densidad aparente del suelo, también se expresa en porcentaje y se denomina humedad volumétrica.

4.1.4 Densidad: Se determina en base al volumen que ocupa el suelo seco.

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por cultivación; pisoteo de animales; maquinaria agrícola; y clima, por ejemplo por impacto de las gotas de lluvia (Arskead et al., 1996). Estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo.

4.1.5 Porosidad: Se determina teniendo en cuenta la densidad aparente y la densidad relativa. Todo suelo tiene un porcentaje de su volumen total ocupado por espacios vacíos. A través de estos espacios circula el aire y el agua requeridos para el crecimiento y metabolismo de las plantas.

#### 4.2 PROPIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS.

Estas características, son el complemento de las anteriores y sirven para definir en conjunto el tipo de manejo que se le tiene que dar al suelo.

##### 4.2.1 Reacción del Suelo (pH):

El pH es la medida de la acidez o alcalinidad de un suelo. Esta es medida entre el rango de 0 a 14, el pH = 7.0 se considera como neutro, menor a 7.0 es ácido y mayor a 7.0 es alcalino. Cuando los valores tienden en general a extremos, existe un problema de presencia de elementos que son tóxicos para la planta (aluminio en suelos ácidos y sodio en suelos alcalinos). El pH tiene importancia en la disponibilidad y absorción de nutrientes de la solución suelo por parte de la planta, así mismo, el pH juega un papel importante en la capacidad de intercambio catiónico del suelo y en la tasa de descomposición de materia orgánica. Se determina por el método potenciométrico relación agua – suelo 1:1

4.2.2 Conductividad Eléctrica (CE): El método para la determinación es por medio de la pasta de saturación y después se lee con el conductímetro. La conductividad eléctrica (CE) de mezclas de suelo-agua indica la cantidad de sales presentes en el suelo. Es la medida de las sales solubles del suelo, expresada como mmhos/cm (dS/m).

#### 4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

La química del suelo está íntimamente relacionada con la fertilidad del suelo por cuanto a partir de las propiedades químicas podemos definir el grado de acidez o alcalinidad del suelo, la presencia de aluminio intercambiable, concentraciones de fósforo, calcio, magnesio, sodio, potasio y los elementos menores, comprometidos en la nutrición de las plantas. Es posible averiguar las deficiencias o excesos de algunos nutrientes y definir el potencial productivo de un suelo.

##### 4.3.1 Fertilidad Natural:

En este aspecto se debe tener en cuenta fundamentalmente las formas disponibles de Nitrógeno (Vía materia orgánica), fósforo y potasio. Estos elementos son los principales nutrientes de las plantas y además, los que están en mayor concentración en los fertilizantes. Para la determinación del fósforo disponible se utilizará el método Olsen modificado; para la determinación de potasio disponible se utilizará el método de extracto con acetato de amonio 1N a pH 7.0 y posterior lectura en el equipo de absorción atómica.

4.3.2 Acidez y aluminio intercambiable: Se determinan por titulación.

Es la acidez debida a los iones de aluminio e hidrógeno intercambiables desplazables por una sal neutra o KCl 1N.

4.3.3 Materia orgánica: Se determinan por el método de Walkley y Balck.

Está constituida por todos los desechos o residuos de origen animal y vegetal que llegan al suelo y sufren diversos procesos de transformación para originar productos de una composición química más simple.

La materia orgánica cumple importantes funciones como protección contra la erosión, favorece la aireación, la permeabilidad, la capacidad de retención de humedad, es depósito de nutrientes, fuente de energía para microorganismos, alimento para macroorganismos y mejora la CIC.

4.3.4 Bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) : Se determinan por el método de absorción atómica. Estos nutrientes se encuentran en la fase sólida del suelo y son coloides como arcilla y materia orgánica las cuales se encuentran cargadas negativamente y por lo tanto se encuentra en la capacidad de atraer cationes o átomos cargados positivamente como Ca, Mg, Na, K, ellos conforman la reserva nutritiva del suelo.

4.3.5 Fertilidad potencial: Se determinan por titulación.

Aquí se enfoca principalmente las formas cambiables de los elementos y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) total. Además, existe una relación catiónica entre algunos elementos que se conoce como patrón. En general, la CIC está en función de la cantidad de coloide orgánico (materia orgánica) y de coloide mineral (contenido de arcilla) presentes en el suelo.

4.3.6 Elementos menores (Fe, Mn, Zn y Cu): Se somete la muestra de suelo a una extracción con trietanolamina y con ácido dietilentriaminopentaacético y luego se procede a determinar los microelementos, mediante espectrofotometría de absorción atómica.

## 5. METODOLOGÍA

Por medio del diseño metodológico se establecerá la forma de llevar a cabo el desarrollo del proyecto, se desarrollará la estrategia para obtención de información y para el detalle de actividades, de esta manera se dará respuesta a los objetivos planteados.

El proyecto a realizar en base a la investigación cuantitativa de tipo evaluativa mediante la cual se pretenden estimar los recursos en cuanto a equipamiento, de servicios y económicos existentes, para de esta forma poder proyectar una solución al planteamiento de los objetivos propuestos.

Para ello se realizará un conjunto de actividades las cuales demostrarán la intención en la inversión o puesta en marcha de medios físicos, humanos y financieros, organizados de manera coherente en el tiempo con el fin de cumplir los objetivos propuestos para la propuesta de implementación del laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga. Se procederá a la realización de un análisis estratégico el cual determinará si la propuesta es adecuada desde el punto de vista económico, de equipamiento, de personal o de servicios para que la Universidad realice el montaje, implementación y evaluación posterior del laboratorio.

Se tomarán en cuenta entonces ciertas variables independientes como son los costos de materiales, costos de equipos, costos de adecuaciones, costos de mantenimiento y como variables dependientes los costos totales.

Primero se realizará la recolección de información bibliográfica relacionada con el tema, luego se analizará la información y se elaborará el manual de laboratorio, seguidamente y teniendo claras las prácticas a desarrollar, se elaborará el presupuesto y se planteará una propuesta de adecuación del espacio físico del laboratorio para finalmente elaborar la propuesta final.

El desarrollo del proyecto se encontrará bajo la tutoría de la Química y especialista en Ingeniería ambiental Claudia Sofía Quintero Duque quien dirige el laboratorio de análisis de aguas residuales y es docente de la Universidad Pontificia Bolivariana.

## 6. DIAGNÓSTICO DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA EL LABORATORIO

La Universidad Pontificia Bolivariana -- Bucaramanga, es seccional de la Universidad Pontificia Bolivariana – Medellín la cual fue fundada el 15 de Septiembre de 1936, nueve años después, el 16 de Agosto de 1945, se le otorga el título de "Pontificia" y desde entonces se conoce como Universidad Pontificia Bolivariana.

La Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga nace por el interés de un grupo entusiasta de docentes universitarios en servir a la Iglesia con la formación profesional de líderes cristianos, propósito llevado a cabo con la orientación y el apoyo del entonces Arzobispo de la ciudad, Monseñor Héctor Rueda Hernández.

La Institución emprendió desde en el año 1997 el diseño arquitectónico de su planta física en el nuevo campus, ubicado en el kilómetro 7 de la vía que comunica a los municipios de Bucaramanga y Piedecuesta, este proyecto entró en funcionamiento para la comunidad universitaria en año 1999. La ubicación del lote corresponde a un sector rural de la vereda los Cauchos, del municipio de Floridablanca en el Departamento de Santander (Colombia).

El campus de compone se de ocho edificios nombrados alfabéticamente, dos cafeterías, dos parqueaderos, zonas verdes, zonas de circulación peatonal, plazoletas duras y una media torta (castillo Luis Eduardo, 2004).

En cuanto al espacio físico, en el primer piso del edificio B es en donde se proyecta ubicar el laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos; en el espacio asignado también se dictan los laboratorios de química general, ambiental I, ambiental II, agua potable y agua residual. Ver figura 6.1.

En cuanto a recursos de materiales, equipos y reactivos se tienen los siguientes:

Equipos: se cuenta con pHmetro y conductímetro, espectrofotómetro de absorción atómica, colorímetro, balanzas.

Materiales: se resalta la buena disponibilidad de materiales. Se cuenta con cristalería graduada como pipetas, probetas, buretas, pipetas volumétricas, balones aforados vasos de precipitado de diferentes tamaños entre otros; cristalería no graduada como balones fondo plano, embudos de separación, entre otros; material para calentamiento; pinzas y soportes universales; material de porcelana como cápsulas, crisoles, morteros con pistilo, entre otros; otros materiales como varilla agitadora, frasco lavador, espátula, pipeteadores, papel filtro, entre otros.

Reactivos: no se cuenta con reactivos específicos para el análisis de suelos.

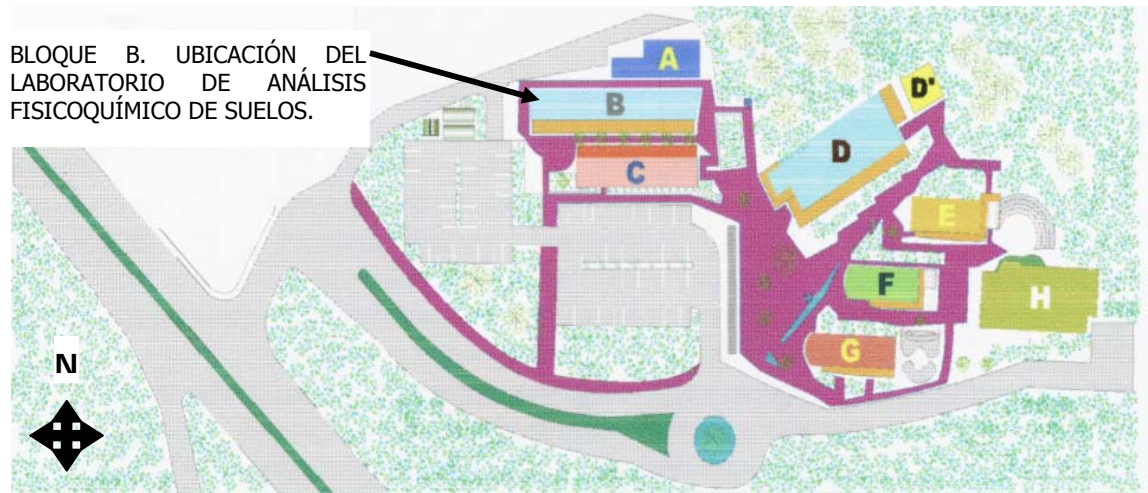


Figura 6.1 Ubicación del laboratorio de análisis físicoquímico de suelos

## 7. MANUAL DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS

### 7.1 OBJETIVO GENERAL

Brindar al estudiante las herramientas para el estudio e interpretación de los análisis fisicoquímicos de suelos.

#### 7.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Brindar los conocimientos necesarios acerca de los diferentes procesos físicos, químicos y biológicos que se dan lugar en el suelo.

Desarrollar las técnicas y metodologías utilizadas para el muestreo y análisis de una muestra de suelo.

Brindar herramientas claves para la interpretación de los resultados obtenidos en una muestra de suelo.

Desarrollar metodologías de evaluación de riesgos al ambiente, los ecosistemas y la salud humana, derivados de la contaminación de suelos.

Estudiar las diferentes tipos de alternativas para remediación de suelos contaminados, considerando la protección a la salud pública y al ambiente, así como los programas de ordenamiento ecológico o desarrollo urbano que resulten aplicables.

Fomentar el establecimiento de tecnologías de remediación eficientes, limpias y costo efectivas y promover el fortalecimiento de la línea de investigación en suelos.

### 7.2 PROGRAMACIÓN

#### SEMANA

#### PRÁCTICA

- 1 INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE SUELOS.
- 2 NORMAS DE SEGURIDAD Y CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA ANALÍTICA PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS.
- 3 MUESTREO DE SUELOS Y DETERMINACIÓN DE COLOR.
- 4 PH, ACIDEZ Y ALUMINIO INTERCAMBIABLE
- 5 DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y MATERIA ORGÁNICA.
- 6 DETERMINACIÓN DE BASES INTERCAMBIABLES (C, Mg, Na, K).
- 7 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC).
- 8 DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS MENORES (Fe, Mn, Cu, Zn).
- 9 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO.
- 10 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO: TEXTURA,
- 11 HUMEDAD GRAVIMÉTRICA Y VOLUMÉTRICA, DENSIDAD REAL Y APARENTE, POROSIDAD TOTAL Y LÁMINA DE AGUA ALMACENADA EN EL SUELO.
- 12 CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA SALINA.
- 13 PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL.

## 7.3 NORMAS DE SEGURIDAD Y TRABAJO EN EL LABORATORIO

### 7.3.1 NORMAS DE SEGURIDAD Y TRABAJO

El laboratorio debe ser un lugar seguro para trabajar donde no se deben permitir descuidos o bromas. Para ello se tendrán siempre presente los posibles peligros asociados al trabajo con materiales peligrosos. Nunca hay excusa para los accidentes en un laboratorio bien equipado en el cual trabaja personal bien informado. A continuación se exponen una serie de normas que deben conocerse y seguirse en el laboratorio:

- Durante la estancia en el laboratorio el alumno debe ir provisto de bata, gafas de seguridad y guantes de látex. La bata deberá emplearse durante toda la estancia en el laboratorio. Las gafas de seguridad siempre que se manejen productos peligrosos y durante la calefacción de disoluciones. Los guantes deben utilizarse obligatoriamente en la manipulación de cualquier producto químico en todas las clases.
- Debe conocerse la situación específica de los elementos de seguridad (lavajos, ducha, extintor, salidas de emergencia) así como todas las indicaciones sobre seguridad para el trabajo en el laboratorio.
- Quítese todos los accesorios personales como son anillos, pulseras, collares y gorras. Nunca deben llevarse lentes sin gafas protectoras, pues los lentes retienen las sustancias corrosivas en el ojo impidiendo su lavado y extendiendo el daño.
- Está prohibido fumar, beber o comer en el laboratorio, así como dejar encima de la mesa principal del laboratorio ningún tipo de prenda, para ello se encuentra disponible el mesón auxiliar. El cabello largo se llevará siempre recogido.
- Debe conocerse la toxicidad y riesgos de todos los compuestos con los que se trabaje. Debe ser práctica común consultar las etiquetas y libros sobre reactivos en busca de información sobre seguridad y riesgo (Frasas R y S).
- Mantenga sólo el material requerido para la sesión, sobre la mesa de trabajo. Los frascos de reactivos deben permanecer en los mesones correspondientes.
- Los frascos de los reactivos deben cerrarse inmediatamente después de su uso, durante su utilización los tapones deben depositarse siempre boca arriba sobre la mesa. Como regla general no se debe pipetear nunca con la boca, se succionará empleando pipeta y pipeteador.
- La cámara extractora para gases tiene que utilizarse en todo trabajo con compuestos químicos que pueden producir gases peligrosos o dar lugar a salpicaduras.

- No deben manipularse jamás productos o disolventes inflamables en las proximidades de llamas.
- Cuando se tengan dudas sobre las precauciones de manipulación de algún producto debe consultarse al profesor antes de proceder a su uso.
- Las disoluciones y recipientes calientes deben manipularse utilizando las pinzas y guantes adecuados.
- No debe llevarse a la boca ningún material de laboratorio; si algún reactivo es accidentalmente ingerido, avise de inmediato al Profesor del Laboratorio.
- Cada equipo de trabajo es responsable del material que se le asigne, además del equipo especial (por ejemplo balanzas, estufas, espectrofotómetros, etc.) en caso de pérdida o daño, deberá responder por ello según el Paz y Salvo que usted firma al iniciar el semestre.
- Deberá revisar que todo equipo y material a utilizar se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento.
- Al finalizar cada sesión de prácticas el material y la mesa de laboratorio deben dejarse perfectamente limpios y ordenados.
- Las balanzas deben dejarse en cero y perfectamente limpias después de finalizar cada pesada. Cerca de las balanzas sólo deben permanecer los estudiantes que se encuentren pesando (uno por balanza).
- Cuando se va a oler un gas, no hacerlo nunca directamente, sino abanicando hacia sí con la mano.
- Conservar siempre limpios los aparatos y el puesto de trabajo. Evitar derrames de sustancias, pero si cayera alguna, recogerla inmediatamente.
- Dilución de ácidos: añadir lentamente el ácido al agua contenida en un vaso, agitando constantemente y enfriando el vaso receptor. Nunca añadir agua al ácido.
- Al agitar moderadamente un tubo de ensayo golpee con la punta del dedo la base del tubo. Cuando requiera una agitación vigorosa por inversión del recipiente, tápelo con un tapón de vidrio esmerilado. Nunca lo haga con la mano.

### 7.3.2 RESIDUOS

- Los desperdicios líquidos no contaminantes se deben tirar por los desagües, dejando correr suficiente agua.
- Los Residuos denominados contaminantes deberán verterse a los recipientes correspondientes que estarán indicados en el laboratorio para su posterior tratamiento.

- Todos los desperdicios sólidos y papeles deberán colocarse en los botes de basura o en los recipientes designados para tal fin, el material de vidrio roto deberá descartarse en el recipiente especial para ese efecto.

#### 7.3.3 COMO ACTUAR EN CASO DE:

##### 7.3.3.1 Fuego en el laboratorio

- Evacuar el laboratorio. Avisar a los compañeros. En caso de fuego pequeño y localizado, apagarlo utilizando un extintor adecuado. Retirar los productos químicos inflamables que estén cerca del fuego. Cortar la llave de paso de gas.
- En caso de fuego en la ropa pida ayuda, estírese en el suelo y ruede para apagar las llamas. No corra ni intente llegar a la ducha de seguridad si no esta muy cerca. Nunca utilizar extintor para eliminar el fuego de la ropa. Una vez apagado el fuego, mantener a la persona tendida, procurando que no tome frío y dar asistencia médica inmediata.

##### 7.3.3.2 Quemaduras

- Las pequeñas, tratarlas lavando la zona afectada con agua fría durante 10-15 minutos. Las quemaduras más graves requieren atención médica inmediata. No utilizar cremas o pomadas grasas.

##### 7.3.3.3 Cortes

- Lavar bien con abundante agua, durante 10 minutos como mínimo. Si son pequeños y dejan de sangrar en poco tiempo, lavarlos con agua y jabón, taparlos con una venda o apósito adecuado. Si son grandes y no parar de sangrar, requiere asistencia médica inmediata.

##### 7.3.3.4 Derrames de productos químicos sobre la piel

- Lavar inmediatamente con agua abundante, como mínimo durante 15 minutos. Las duchas de seguridad son utilizadas en aquellos casos en que la zona afectada del cuerpo sea grande. Remover la ropa contaminada a la persona afectada lo antes posible mientras esté bajo la ducha. La rapidez en el lavado es muy importante para reducir la gravedad y la extensión de la herida. Proporcionar asistencia médica a la persona afectada.

##### 7.3.3.5 Contacto de productos químicos en los ojos

- En este caso el tiempo es esencial (menos de 10 Segundos), lavar el ojo. Cuanto menos sea el tiempo menor será el daño producido. Lavar los dos ojos con agua abundante durante 15 minutos como mínimo en el lavaojos. Mantener los ojos abiertos con la ayuda de los dedos para facilitar el lavado debajo de los párpados. Es necesario recibir asistencia médica, por pequeña que parezca la lesión.

##### 7.3.3.6 Inhalación de productos químicos

- Conducir inmediatamente la persona afectada a un sitio con aire fresco. Dar asistencia médica inmediata. Al primer síntoma de dificultad respiratoria, iniciar respiración cardiopulmonar, solo en el caso de estar debidamente entrenado. Tratar de identificar el vapor tóxico.

#### 7.3.3.7 Actuación en caso de ingestión de productos químicos

- Antes de cualquier actuación pedir asistencia médica. Si la persona está inconsciente, colocarlo en posición lateral de seguida con la cabeza de lado. Taparlo con una manta para que no tenga frío. No dejarlo solo. No darle bebidas alcohólicas ni inducir al vómito sin saber de que tipo de producto se trata.

### 7.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA ANALÍTICA PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS

Para la correcta realización e interpretación de los análisis realizados y de los resultados obtenidos es necesario tener claros o repasar algunos conceptos de química analítica que serán de gran aplicación para el correcto desarrollo de los laboratorios.

**Solución extractora:** Son soluciones de ácidos o sales preparadas a cierta normalidad, que tienen por objeto extraer del suelo la fracción soluble o intercambiable de los nutrientes disponibles en él. Lo que se busca es que la solución extractora se asemeje lo más posible a la capacidad del suelo para solubilizar y entregar formas disponibles de nutrientes durante el transcurso de su ciclo vital. Para la extracción de la forma aprovechable de los diferentes nutrientes, existen diversidad de soluciones extractoras.

**Ión:** Son átomos o moléculas que pierden o ganan electrones por lo cual adquieren una determinada carga; si ganan electrones, adquieren carga negativa y se denominan aniones ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ); si pierden electrones, adquieren carga positiva y se llaman cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ). Los principales cationes que se encuentran en el suelo, en orden ascendente de magnitud de su carga, son:  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Si}^{4+}$ . Los aniones más frecuentes en el suelo, también en orden ascendente de la magnitud de su carga, son:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{SeO}_4^{2-}$ .

**Molécula:** Es la mínima parte de una sustancia que está compuesta de un arreglo específico de átomos.

**Sustancia iónica:** Sustancia que está compuesta de un arreglo específico de iones.

**Número de oxidación :** También llamado valencia, es una medida de la capacidad que tiene un átomo para combinarse; su valor para un determinado átomo puede establecerse como el número de hidrógenos con los cuales se puede combinar o como el número de hidrógenos que fueron reemplazados en la molécula por otros átomos; por ejemplo, en el HCl, el Cl tiene un número de oxidación de  $-1$  puesto que está combinado con un solo hidrógeno.

**Mol:** Es el equivalente de tener  $6.02 \times 10^{23}$  unidades: átomos, iones o moléculas, de una sustancia; para expresarlas en unidades de masa, se hace igual al peso atómico, al peso fórmula o al peso molecular, respectivamente, expresados en gramos.

**Peso atómico:** Es el peso promedio de todos los isótopos que tiene un átomo; se encuentra definido en la tabla periódica de los elementos químicos; se acepta que el peso de un átomo es igual al de los iones que forma, ya que la masa de los electrones es despreciable.

**Peso fórmula:** Es la suma de los pesos atómicos de los iones que componen una sustancia iónica, expresado en gramos; si la sustancia es una molécula, el peso fórmula se llama peso molecular (Restrepo, 2001).

**Equivalente:** Es el peso atómico o iónico, en gramos, dividido por el número de oxidación del átomo o del ión correspondiente; por ejemplo, el peso de un equivalente de  $\text{Ca}^{2+}$  es:  $40 \text{ (peso atómico)} \div 2 \text{ (número de oxidación)} = 20\text{g}$ .

**Concentración de una solución:** Cantidad de soluto que hay en una determinada cantidad de solvente; esta relación puede expresarse en términos gravimétricos (en peso) o volumétricos y hay varias formas de hacerlo.

**Porcentaje (%):** Expresado gravimétricamente (P/P), establece el peso que hay de soluto, con respecto al peso que se requiere de solvente, para ajustar un peso de 100; en una solución acuosa de NaCl al 10%, por peso, habrán 10 g de NaCl disueltos en 90 gramos de agua, por cada 100 g de solución.

**Volumétricamente (V/V):** Método más empleado para hacer soluciones con sustancias líquidas, ya que es más fácil medir sus volúmenes que sus pesos; en este caso, el porcentaje indica el volumen de soluto que hay en 100 volúmenes de solución; por ejemplo, en una solución acuosa de isopropanol al 10% hay 10 mL de alcohol por cada 100 mL de solución.

**P/V o V/P:** En el primer caso es el peso de soluto por 100 volúmenes de solución: por ejemplo, una solución de NaCl al 10% (P/V) indica que hay 10 g de la sal en 100 mL de solución. La relación (V/P) indica que hay un determinado volumen de soluto por 100 g de solución: una solución de ácido acético al 10% (V/P) dice que hay 10 mL de ácido en 100 g de solución.

**Molaridad ( $M$ ):** Determina la concentración como el número de moles de soluto que hay en un litro de solución; en una solución acuosa 1  $M$  de NaCl hay 1 mol de NaCl por litro de solución, es decir, hay 58.44 g de sal en un litro de solución; también puede decirse que en ese litro de solución se encuentran disueltos  $6.02 \times 10^{23}$  moléculas de NaCl o  $6.02 \times 10^{23}$  iones de  $\text{Na}^+$  y  $6.02 \times 10^{23}$  iones de  $\text{Cl}^-$ .

**Molalidad ( $m$ ):** Determina la concentración como el número de moles de soluto que hay disueltas en un kilogramo de solvente. En una solución acuosa 1  $m$  de NaCl hay 1 mol (58.44 g) de NaCl disuelta en 1 kg de agua que es el solvente.

**Normalidad ( $N$ ):** Indica los equivalentes de soluto que hay disueltos en un litro de solución; una solución acuosa 1  $N$  de NaCl tendrá 1 equivalente (58.44 g) de sal disuelto en 1 L de solución. Una solución acuosa 1  $N$  de  $\text{CaCl}_2$  tiene 1 equivalente ( $110.98 \text{ g} \div 2 = 55.49 \text{ g}$ ) de cloruro por cada litro de solución.

$$\text{Peso.equivalente.CaCO}_3 = \frac{\text{Peso.moleculalr}}{\text{Valencia}} \quad [7.1]$$

Partes por millón (*ppm*) o por billón (*ppb*): Estas unidades se utilizan para expresar bajas concentraciones; ellas implican que hay un determinado número de partes de soluto por un millón (10<sup>6</sup>) o por un billón (10<sup>12</sup>) de partes de solución; si en un suelo hay 10 ppm de fósforo, quiere decir que hay 10 kg de fósforo en 10<sup>6</sup> kg de suelo. En soluciones acuosas, ppm es equivalente a mg L<sup>-1</sup> ; si se tiene una solución acuosa con 2 ppm de KCl, se tienen 2 mg de KCl disueltos en 1 L de solución.

Miliequivalente (meq): El equivalente químico de un elemento es su peso atómico dividido por su valencia. Si se expresa en gramos se le denomina equivalente gramo. Se denomina miliequivalente (meq) gramo al equivalente gramo de un elemento o sustancia, dividida por 1000, es decir, es una unidad que representa la milésima parte de un equivalente. Ver tabla 6.1.

Tabla 7.1. Características de algunos iones comunes.

ION		NUMERO OXIDACIÓN	PESO (G)		
SÍMBOLO	NOMBRE		IONICO	EQUIVALENTE	MILIEQUIVALENTE
Ca <sup>2+</sup>	Calcio	2	40	20	0.020
Mg <sup>2+</sup>	Magnesio	2	24	12	0.012
K <sup>+</sup>	Potasio	1	39	39	0.039
Na <sup>+</sup>	Sodio	1	23	23	0.023
Al <sup>3+</sup>	Aluminio	3	27	9	0.009
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato	1	62	62	0.062
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bicarbonato	1	61.01	61.01	0.06101
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfato	3	94.97	31.66	0.03166
Cu <sup>2+</sup>	Cobre (II)	2	63.54	31.77	0.03177
FE <sup>3+</sup>	Hierro (III)	3	55.85	18.62	0.01862
BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	Borato	3	58.81	19.60	0.01960
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfato	2	96.06	48.03	0.04803
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Carbonato	2	60.01	30.01	0.03001
Si <sup>4+</sup>	Sílice	4	28.09	7.02	0.00702

Decisiemens por metro (ds/m): esta unidad es empleada en el análisis de suelos para reportar la conductividad eléctrica (CE) o concentración de sales solubles en el suelos (salinidad). El decisiemens por metro (ds/m) es una unidad del sistema Internacional que es equivalente a milimhos por centímetro (mmhos/cm).

$$\text{mmho/cm} = (\mu\text{s/cm})/1000 \quad [7.2]$$

$$\text{mmho/cm} = (\text{ds/cm}) \times 100 \quad [7.3]$$

$$\text{mmho/cm} = \text{ms/cm} \quad [7.4]$$

$$\text{mmho/cm} = \text{ds/m} \quad [7.5]$$

Otras relaciones y equivalencias:

$$\text{mg/Litro} = \text{mg/Kg} = \text{ppm} \quad [7.6]$$

$$\text{ppm} = \text{meq}/100\text{g} \times \text{peso equivalente} \times 10 \quad [7.7]$$

$\text{meq}/100\text{g} = \text{ppm} / \text{peso equivalente} \times 10$	[7.8]
$\text{meq}/100\text{g} = (\text{meq}/\text{Litro}) / 10$	[7.9]
$\text{Kg}/\text{ha} = \text{meq}/100\text{g} \times \text{peso equivalente} \times 20$	[7.10]

## 7.5 PRÁCTICA 1

### TÉCNICAS DE MUESTREO DE SUELOS Y DETERMINACIÓN DE COLOR EN UNA MUESTRA DE SUELO.

#### 7.5.1 MUESTREO DE SUELOS

##### 7.5.1.1 Fundamento teórico

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal o de construcciones civiles. Antes de establecerse cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características. Luego de que las limitaciones del suelo han sido detectadas se puede determinar cual es su uso más adecuado y cual es el manejo racional que debería tener.

La calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud, del suelo, deberán ser medidos todos los parámetros. Sin embargo, no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos, o situaciones. Un grupo mínimo de propiedades del suelo, o indicadores, de cada uno de los tres componentes del suelo son seleccionados sobre la base de su aptitud para indicar la capacidad del suelo para funcionar en usos y climas determinados. El adecuado uso de los equipos y la correcta interpretación de los resultados dependen de lo bien que sean interpretados los indicadores con relación a uso de las tierras y objetivos ecológicos.

Para realizar un muestreo de suelos se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones (ver figura 6.1):

❖ Preparación y recopilación de información:

En esta etapa, se deberá tener en cuenta la preparación de la información preliminar del sitio de muestreo como planos, investigación del sitio de muestreo y definición preliminar de los puntos a muestrear.

❖ Muestreo en campo:

Una vez recopilada la información preliminar, viene el desplazamiento al sitio de muestreo en donde se describen las condiciones generales del sitio como clima, topografía, vegetación, geología, altitud, longitud, latitud, además se deberá considerar el uso actual

del terreno y si se evidencia algún signo de contaminación. Luego de recopilar esta información se procede a tomar las muestras en los sitios seleccionados.

Se deberá registrar, si es posible, el porcentaje de la pendiente en los sitios de muestreo, mencione lomas, elevaciones, depresiones, pozos etc. Se deberá realizar una indicación sobre la ubicación (metros de distancia desde un sitio de referencia), y un dibujo del predio mostrando las áreas de muestreo.

Finalmente se deberán localizar áreas ecológicamente sensibles, locación de lagunas, cauces, zonas muy húmedas y otros sitios ecológicamente frágiles adyacentes al predio en cuestión.



Figura 7.1. Pasos para realizar un muestreo de suelos

Una muestra del suelo es usualmente empleada para evaluar sus características. La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar de un terreno homogéneo. Es necesario identificar los diferentes tipos de suelos en el sitio de muestreo y los límites que estos suelos tienen dentro del paisaje para definir las unidades de muestreo. Usualmente los límites del suelo coinciden con el cambio en la pendiente del terreno (plano vs. inclinado), uso (pastura vs. bosque), manejo (fertilizado vs. no fertilizado), etc.

Cada tipo de suelo se considerará como un terreno homogéneo e independiente (unidad de muestreo), que debe ser identificado con base en las características mencionadas (pendiente, uso, manejo).

Dentro de cada unidad de muestreo se toma una muestra de suelo que es en realidad una "muestra compuesta". Es decir, una muestra de suelo se compone de varias submuestras

tomadas aleatoriamente en el campo. El número de submuestras por cada muestra es variable, como recomendación general se sugiere que para una unidad de muestreo se tomen 10-20 submuestras (ICA, 1992).

Es necesario recordar que esta técnica de muestreo es válida sólo si el suelo dentro de cada unidad es homogéneo, por lo que es muy importante hacer una buena definición de las unidades de muestreo.

Una vez se han definido los límites de cada unidad se procede a tomar las submuestras. Para ello se hace un recorrido sobre el terreno en zig-zag (ver figura 6.2), tomando submuestras en cada vértice donde se cambia la dirección del recorrido.

La profundidad del suelo a la cual se toma la submuestra es también variable. En general se recomienda una profundidad de 20 cm.

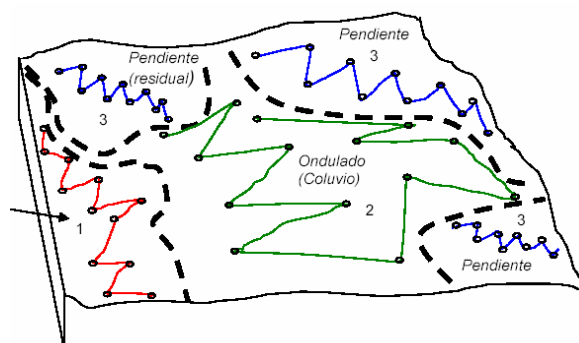


Figura 7.2. Método zig-zag para tomar muestras de suelo.

En cada sitio de muestreo se recomienda remover las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm) de un área de 40 cm x 40 cm, y luego introducir el barreno o pala a la profundidad deseada y transferir aproximadamente 100- 200 g suelo a un balde plástico limpio. Las herramientas deben limpiarse después de tomar cada submuestra. En cualquier caso se debe remover piedras, raíces gruesas, lombrices e insectos del suelo. Las porciones del suelo se desmenuzan con la mano. Al final las submuestras se van mezclando en el balde hasta completar el número total de submuestras deseado.

Posteriormente se transfiere 1 Kg. de suelo a una bolsa plástica limpia. La bolsa debe cerrarse y marcarse con el nombre o número del terreno muestreado o con un código que escoja el muestreador. Recuerde que una muestra (1 Kg.) representa un terreno homogéneo y no se deben mezclar muestras de terrenos diferentes.

La muestra compuesta debe enviarse a un laboratorio de suelos lo más pronto posible. Esto en términos prácticos significa 1-2 días como máximo. La muestra puede ser mantenida a temperatura ambiente y no expuesta al sol. Si ésta se encuentra muy húmeda séquela a la sombra. De ser posible manténgala refrigerada (4-10°C), aunque esto no parece ser crítico para algunos análisis.

En general, se puede tomar mínimo una muestra por cada 5 hectáreas si el lote está ubicado en zona de pendiente, o por cada 10 hectáreas si el lote es plano. Cada muestra esta constituida por un número variable de submuestras (entre 10 y 30 dependiendo de la homogeneidad del lote). El muestreo se hace generalmente entre 20 y 30 cm. de profundidad, cubriendo así la zona de raíces de la mayoría de cultivos.

– Recomendaciones:

Durante el muestreo evite fumar, comer, o manipular otros productos (cal, fertilizantes, cemento, etc.) para evitar la contaminación de la muestra y obtener resultados falsos.

No tome muestras cerca de los caminos, canales, viviendas, linderos, establos, saladeros, estiércol, estanques o lugares donde se almacenen productos químicos, materiales orgánicos, o en lugares donde hubo quemas recientes.

Lávese bien las manos antes de hacer el muestreo.

No utilice bolsas o costales donde se hayan empacado productos químicos, fertilizantes, cal o plaguicidas.

No tome muestras de un solo sitio del terreno.

Es necesario asegurarse que las herramientas estén completamente limpias, libres de superficies oxidadas y que no contengan residuos de otros materiales.

❖ Análisis fisicoquímico de las muestras:

Se deberá revisar que cada muestra porte la etiqueta con los datos requeridos para su identificación.

Con el propósito de evitar contaminar el área de análisis, la actividad de preparación deberá realizarse en un local independiente al laboratorio. Se colocarán las muestras en recipientes de plástico o metálicos protegidas con cartón para que se realice el secado, las muestras se dejarán secar al aire, a temperatura ambiente y se evitarán las corrientes de aire, esto con el fin de eliminar el exceso de agua y la actividad biológica.

Se utilizará un mazo de madera para moler las muestras, disgregar los terrones y así facilitar el proceso de tamizado. Se pasará la muestra de suelo por un tamiz de malla de 2mm, con el objeto de separar gravas, fragmentos de roca, etc. Se utilizarán botes de plástico o cartón con tapa para envasar las muestras y evitar reacciones y/o contaminar la muestra.

Para la preparación de las muestras de suelo para su posterior análisis se realizan una serie de operaciones que incluyen (ver figura 7.3):

Secado: Se extiende el suelo sobre un papel sin satinar. Habitación ventilada, o con ventilación forzada, o en armarios de aire caliente, rayos infrarrojos. Temperatura máxima 35-40°C.

Molido: Se realiza cuando por la presencia de agregados así nos lo aconseje. Se rompen con rodillos de madera, tapones de goma y molinos especiales.

Tamizado: Se hace a dos milímetros de diámetro a través de un tamiz apropiado. Es interesante pesar las gravas para cálculos de fertilizantes y origen de la roca madre. Debe evitarse moler las partículas de grava y arena.

Homogeneización: Existen aparatos adecuados para esta operación o en su defecto se coloca el suelo sobre un lienzo fuerte, el cual se agarra, en diagonal, por sus dos esquinas. Se acerca una esquina sobre la otra, haciendo los movimientos despacio para que el suelo se "enrolle". Repetir esta operación varias veces.

Almacenamiento: se deberá realizar con la respectiva etiqueta y posteriormente se almacenará en habitación fresca y seca.



Figura 7.3. Pasos previos al análisis de una muestra de suelo.

- ❖ **Análisis, interpretación de resultados y generación de informes:** Con los resultados obtenidos se clasifica y se valora el rendimiento del suelo para un propósito determinado. De esta manera se ofrece una base racional para tomar decisiones sobre el uso del suelo integrando todas las variables que lo afectan en mayor o en menor grado.

7.5.1.2 Materiales utilizados

Plano o esquema del sitio de muestreo

Machete

Barreno, pala o palín

Cuchillo

Balde

Bolsas plásticas limpias

Marcadores

Hojas para identificar las muestras de suelo.

Tabla 7.2. Formato para la descripción del sitio de muestreo.

DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO.	
Descripción general	
Mapa nº	
Departamento	
Municipio	
Ubicación Geográfica	
Localización del sitio	
Hectáreas	
Propietarios	
Descripción del sitio	
Temperatura media anual	
Precipitación media anual	
Erosión	
Pendiente	
Manejo actual del suelo	
Sistema de cultivo (Rotación, cobertura, etc.)	
Uso de fertilizantes o pesticidas	
Utilización de labranza	
Riego (tipo y frecuencia)	
Uso para ganadería	
Presencia de cobertura vegetal	
Otros usos actuales	
Otras observaciones	
Manejo del suelo en el pasado	
Sistema de cultivos	
Uso de fertilizantes ó pesticidas	
Labranza	
Riego (Frecuencia y Tipo)	
Uso en ganadería	
Otros usos	
Actividad anterior	
Descripción ecológica	
Cauce cercano	
Laguna o lago cercano	
Nivel freático	
Pozos	

Presencia de erosión	
Relieve	
Depresiones	
Sitio ecológicamente frágil	
Eventos inesperados	
Inundaciones	
Movimientos sísmicos	
Otros	
Otras observaciones	

## 7.5.2 DETERMINACIÓN DE EL COLOR EN UNA MUESTRA DE SUELO

### 7.5.2.1 Objetivos

- Conocer una de las propiedades más visibles del suelo
- Aprender a describir el color del suelo utilizando la Tabla de Colores Munsell
- Relacionar el color del suelo con algunas de sus propiedades físico – químicas

### 7.5.2.2 Fundamento teórico

El color es una de las características morfológicas más notorias del suelo. Guarda una estrecha relación con sus principales componentes sólidos.

El color del suelo se relaciona fuertemente con los componentes sólidos del mismo. Entre las principales relaciones que se han encontrado entre el color y sus componentes, pueden destacarse las siguientes:

- Los colores oscuros, en suelos con bajo contenido de materia orgánica, pueden indicar la presencia de complejos de materia orgánica con óxidos de hierro, de carbón, de óxidos de manganeso y/o de magnetita.
- Los colores rojos indican buen drenaje y buena aireación, así como intensas meteorización y evolución, la mayoría de las veces.
- Los colores grises a blancos pueden mostrar contenidos importantes de cuarzo, caolinita u otras arcillas silicatadas, carbonatos de Ca y/o Mg, yeso, sales y/o óxido ferroso y pueden indicar condiciones de mal drenaje; también pueden indicar muy bajos contenidos de coloides en el suelo (materia orgánica, arcillas y/o sesquióxidos de Fe y Al), característicos de horizontes sometidos a procesos intensos de eluviación.
- Los moteos, generalmente, se presentan en suelos con problemas de mal drenaje.

El color del suelo puede caracterizarse en forma precisa mediante el uso de los espectrofotómetros. Estos equipos registran la cantidad de luz que refleja el suelo en

todas las longitudes de onda del espectro visible (entre 400 y 700 nm), produciendo unas curvas de pendiente positiva llamadas curvas de reflectancia espectral. La transformación de los valores de reflectancia del suelo a color se puede hacer mediante procesos matemáticos y/o computacionales.

Para fines prácticos, el color del suelo se determina por comparación del color del suelo (un fragmento de éste) con un catálogo de colores ordenados en unas secuencias específicas, contenidas en una libreta conocida comúnmente como "La tabla de colores Munsell" (Munsell Color, 1990) de amplio uso a escala mundial y de fácil manejo en el campo.

La tabla Munsell es un catálogo que agrupa una serie de colores que sirven para calificar el color del suelo. En este sistema de evaluación del color, este atributo se caracteriza mediante tres parámetros: Matiz (Hue), Claridad o brillo (Value) y Pureza (Chroma).

#### El matiz (Hue)

El matiz o hue es, según Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993), una medida de la composición cromática de la luz que llega al ojo, es decir, establece el color dominante del suelo. El sistema Munsell se basa en 5 matices básicos: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P), así como en 5 matices combinados de los anteriores: Amarillo – rojo (YR), verde – amarillo (GY), azul – verde (BG), púrpura – azul (PB) y rojo – púrpura (RP) (Munsell Color, 1990).

Cada uno de los matices tiene diferentes tonalidades que se especifican mediante números entre cero (0) y diez (10) colocados antes de la letra correspondiente. Así, un suelo rojo puede tener diferentes cantidades de rojo: 2.5R, 5R, 7.5R o 10R, por ejemplo; de 0 a 10 aumenta la intensidad del color respectivo, es decir, 7.5R es "más rojo" que 2.5R.

#### La claridad (Value)

La claridad define el grado de oscuridad del color, en términos de la cantidad de blanco o de negro que él tenga; es una medida de la cantidad de luz que llega al ojo, bajo condiciones estándar de iluminación. La cantidad de negro o de blanco se especifica mediante una escala que va de cero (0) a diez (10), en la cual el cero corresponde al negro puro y el 10 al blanco puro; los colores oscuros tienen value entre 0 y 5 y los claros entre 5 y 10.

#### La pureza (Chroma)

La pureza indica la magnitud de la dilución que tiene el color, debida a la presencia de colores grises; los valores que puede tomar este atributo van, según Munsell Color, desde cero (0) para el gris neutro, hasta 20 para aquella situación de ausencia de gris. Sin embargo, para los suelos, este rango se restringe a valores comprendidos entre 0 y 8. Este parámetro está directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica acumulada en el suelo.

#### La tabla de colores

Con la combinación de los componentes mencionados, anteriormente, se diseñaron las diferentes cartas de color Munsell. En ellas cada página corresponde a un Hue (matiz) específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. En cada una de las páginas están las divisiones correspondientes al Value (claridad) y al Chroma (pureza).

### 7.5.2.3 Materiales y reactivos

Muestra de suelo

Tabla de comparación de color Munsell

### 7.5.2.4 Procedimiento

La determinación del color de un suelo se lleva a cabo mediante la comparación de una muestra del mismo con las plaquitas de colores que componen cada una de las cartas de hue disponibles en la tabla; esta comparación se hace colocando la muestra en la ventana que se encuentra entre las placas coloreadas, estudiando varias alternativas, hasta que se encuentre la plaquita que coincida, lo más cerca posible, con el color que tiene el suelo.

En la descripción del color del suelo se utilizan dos parámetros: La notación Munsell y el color Munsell. La notación define los valores para los parámetros hue, value y chroma del color del suelo.

Cuando se ha encontrado el color del suelo en la tabla, se procede a establecer su notación Munsell; en la parte superior derecha de la hoja respectiva se busca el hue correspondiente; en la margen izquierda se encuentran los numeradores de una fracción que corresponden al value; se toma el value que identificó el color del suelo y se coloca a continuación del hue; luego, en la parte inferior de la hoja se encuentran los chromas, en forma de denominadores de fracciones; se toma el que corresponde al color de la muestra y se coloca como denominador de la fracción que se inició con el value, completando así la notación del color buscado. En la página opuesta a la de las notaciones de los colores se ubica la notación que resultó elegida y se toma el nombre del color Munsell que le corresponde, queda identificado así el color del suelo.

HUE	VALUE					CHROMA			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
5R									
4R									
3.5R									
3R									
2.5R									
2R									
1.5R									
1R									
0.5R									

Figura 7.4. tabla de comparación de color Munsell.

La descripción del color del suelo está compuesta, entonces, de una notación de la forma hue value/chroma, seguida de un nombre; por ejemplo, si el suelo presentó un hue 10R, el value fue de 3 y el chroma de 2, la notación Munsell de su color es: 10R3/2; el nombre Munsell de esta notación es rojo oscuro; la descripción completa y correcta de este color, es: 10R3/2 (rojo oscuro).

Hay suelos que no presentan valor de pureza, es decir, el chroma en la tabla corresponde a cero (0). En estos casos los colores corresponden al negro puro, al blanco puro o al gris puro, por lo que se consideran acromáticos. Cuando se da esta situación, el suelo tampoco tiene matiz y éste es reemplazado por la letra N (de Neutro). El color del suelo en este caso, se describe con dicha letra, seguida por el valor de la claridad del color, quedando una fracción sin denominador; por ejemplo, en la tabla de colores se encuentra, en el matiz 2.5YR, una columna de colores con chroma de cero y con values entre 2.5 y 6. El color más oscuro de esta columna se identifica con la notación y el color N2.5/ (negro).

Con las muestras de suelo identificadas complete la siguiente tabla:

Tabla 7.3. Formato para el reporte de los colores Munsell en las muestras de suelo.

MUESTRA	HUE	VALUE	CHROMA	NOTACIÓN MUNSELL	OBSERVACIONES

## 7.6 PRÁCTICA 2

### DETERMINACIÓN DEL pH, DE LA ACIDEZ Y DEL ALUMINIO INTERCAMBIABLE EN UNA MUESTRA DE SUELO

#### 7.6.1 OBJETIVOS

- Aprender a realizar la determinación del pH en una muestra de suelo.
- Conocer la importancia de la determinación del pH y de la acidez intercambiable en una muestra de suelo.
- Aprender la importancia de la interpretación del valor del pH en una muestra de suelo.
- Conocer el método para realizar la determinación de acidez intercambiable.
- Aprender a interpretar los resultados obtenidos de la determinación de la acidez intercambiable en una muestra de suelo.

#### 7.6.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

##### pH

El pH es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos. Influye sobre los siguientes aspectos:

- ❖ Disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- ❖ Solubilidad de los nutrientes.
- ❖ Controla la clase y tipo de actividad microbiana.
- ❖ Actúa sobre la mineralización de la materia orgánica.
- ❖ Regula la concentración de iones tóxicos en el suelo.
- ❖ Controla la CIC y la CIA en el suelo.
- ❖ Presencia de enfermedades e insectos.

El pH mide el grado de acidez o basicidad de un medio acuoso.. La concentración de iones  $H^+$  en la solución acuosa del suelo origina la acidez, y la de los hidroxilos  $OH^-$ , la basicidad.

Cuando el pH es menor a 7 el sistema es ácido y cuando el pH es superior a 7 el sistema es básico o alcalino.

Para la medición del pH se pueden utilizar métodos colorimétricos y potenciométricos.

El método colorimétrico es un método cualitativo muy aproximado para realizar determinaciones en campo, se basa en el cambio de color que presenta la muestra de suelo cuando se humedece con un indicador triple Hellige, las tonalidades de color indican el rango de pH.

El método potenciométrico consiste en medir la diferencia de potencial que se establece entre la solución del suelo problema y una solución cuya concentración de iones de hidrógeno se conoce.

El potenciómetro es un aparato electrónico que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos en contacto con una solución. Los electrodos generalmente son de vidrio poroso a iones  $H^+$  y otro de referencia cuyo potencial es constante en relación con el H.

### **Acidez intercambiable**

La acidez intercambiable se debe a la presencia de iones aluminio e hidrógeno intercambiables desplazables con una sal neutra (KCl). Los iones de  $Al^{+++}$  e  $H^+$  presentes en la fase intercambiable del suelo (superficie de las arcillas) son reemplazadas por los iones  $K^+$  de la solución KCl aplicada y el  $Al^{+++}$  y el  $H^+$  salen a la solución del suelo para ser cuantificados por titulación con una solución estandarizada de hidróxido de sodio (NaOH). De esta manera es posible determinar la acidez intercambiable debida a la presencia de aluminio e hidrógeno.

### **7.6.3 MATERIALES Y REACTIVOS**

Muestra de suelo  
Potenciómetro provisto de electrodo.  
Soluciones Buffer pH 4 y pH 7.  
NaOH 0.1 N  
HCl 0.1 N  
NaF 4%  
KCl 1 N  
Fenolftaleína  
Vaso de precipitado  
Papel filtro  
Embudo de vidrio

### **7.6.4 PROCEDIMIENTO**

#### **Determinación de pH por el método potenciométrico**

Colocar 30 gramos de suelo seco en un beaker de 100 mL, adicionar 30 mL de agua destilada.

Agitar por aproximadamente 5 minutos.

Dejar reposar una hora la suspensión y leer en el potenciómetro previamente calibrado.

Repetir el mismo procedimiento, pero esta vez adicione 30 mL de KCl 1 N.

❖ Cálculos con los valores de pH obtenidos:

$$\Delta \text{pH} = \text{pH en KCl} - \text{pH en agua} \quad [7.11]$$

Con los resultados obtenidos llenar la siguiente tabla:

Tabla 7.4. Reporte de resultados de los valores de pH

MUESTRA	VALOR DE pH H <sub>2</sub> O	VALOR DE pH KCL 1N	Δ pH

#### Acidez intercambiable (para pH inferior a 5.5)

Tomar 5 gramos de suelo, agregar 25 mL de KCl 1 N, agitar durante 10 minutos ó dejar en reposo durante la noche; filtrar y completar con KCl lavando sobre el embudo hasta un volumen aproximado de 60 mL.

Tomar el filtrado en una erlenmeyer, agregar 3 gotas de fenolftaleína y titular con NaOH 0,1 N hasta color rosado.

❖ Cálculos para acidez intercambiable

$$\text{Acidez intercambiable (meq/100gr suelo)} = 2 \times V_{\text{soda}}(\text{titulante}) \quad [7.12]$$

Con los resultados obtenidos completar la siguiente tabla:

Tabla 7.5. Resultados obtenidos para la determinación de acidez intercambiable.

MUESTRA	VOLUMEN DEL TITULANTE (mL NaOH)	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (MEQ/100 G SUELO)


### Aluminio intercambiable (para pH inferior a 5.5)

A la solución titulada con NaOH 0.1 N , obtenida en la determinación de acidez intercambiable, agregamos 1 gota de HCl 0.1N para decolorarla.

Agregar 2.5 mL de NaF y agitar, si la solución contiene aluminio (Al) el color rosado retornará. Si es así, titular con HCl 0.1 N hasta que el color rosado desaparezca.

Adicionar 1 ó 2 gotas de indicador fenolftaleína, agitar, dejar en reposo durante 2 minutos; si el color rosado reaparece, continuar la titulación hasta que una nueva adición de indicador, agitación vigorosa y reposo por 2 minutos no colorean la solución nuevamente.

#### ❖ Cálculos para aluminio intercambiable

$$\text{Aluminio intercambiable (meq/100gr suelo)} = 2 \times V_{\text{soda}}(\text{titulante}) \quad [7.13]$$

Con los resultados obtenidos completar la siguiente tabla:

Tabla 7.6. Resultados obtenidos para la determinación de aluminio intercambiable.

MUESTRA	VOLUMEN TOTAL GASTADO (mL NaOH)	ALUMINIO INTERCAMBIABLE (MEQ/100 G SUELO)

### 7.6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para los valores de pH:

Tabla 7.7. Clasificación de los resultados del pH del suelo

pH DETERMINADO EN AGUA 1:1		pH DETERMINADO EN KCl 1:1	
VALOR	CALIFICACIÓN	VALOR	CALIFICACIÓN
< 3.5	Ultra ácido	< 4	Extremadamente ácido
3.5 - 4.4	Extremadamente ácido	4.0 - 4.9	Fuertemente ácido
4.5 - 5.0	Muy fuertemente ácido	5.0 - 5.9	Moderadamente ácido
5.1 - 5.5	Fuertemente ácido	6.0 - 6.9	Ligeramente ácido
5.6 - 6.0	Moderadamente ácido	7.0	Neutro

6.1 - 6.5	Ligeramente ácido	7.1 – 8.0	Ligeramente alcalino
6.6 - 7.3	Neutro	8.1 – 9.0	Moderadamente alcalino
7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino	9.1 – 10.0	Fuertemente alcalino
7.9 - 8.4	Moderadamente alcalino	> 10.0	Extremadamente alcalino
8.5 - 9.0	Fuertemente alcalino		
> 9.0	Muy fuertemente alcalino		

Fuente: Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993) y Fassbender (1982).

Para  $\Delta$  pH : Cuando el  $\Delta$  pH adquiere signo negativo, en el suelo predomina este tipo de carga y es intercambiador catiónico; cuando el signo es positivo, el tipo de carga que predomina en el suelo es el positivo y éste es intercambiador neto de aniones. Los suelos se pueden clasificar teniendo en cuenta el valor de pH encontrado. Ver tabla 7.8.

Tabla 7.8. Clasificación de los suelos según el valor de pH encontrado

pH	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
< 4.5	Suelos minerales, predominan las formas de aluminio intercambiable del $Al^{3+}$ ; apreciable el contenido y solubilidad de iones como $H_3O^+$ y de $Mn^{2+}$ y altas probabilidades de que se presenten toxicidades con ellos; deficiencias de nitrógeno; contenidos de bases intercambiables, demás elementos menores y de molibdeno son muy bajos, disponibilidad de fósforo puede ser muy baja .
4.5 - 5.5	Suelos minerales con formas de aluminio intercambiable $Al(OH)^{2+}$ y $Al^{3+}$ ; no es significativo el contenido de $H_3O^+$ y los demás problemas expuestos para los suelos del grupo anterior se presentan con menor intensidad.
5.5 – 6.5	Ningún contenido de acidez intercambiable, desaparece la posibilidad de toxicidad con $Al^{3+}$ , $H_3O^+$ o $Mn^{2+}$ . Mejora en la actividad biológica bacteriana; el suministro de bases, de molibdeno y de fósforo se mejora. Los suelos minerales ácidos, descritos en los numerales anteriores, poseen buenas propiedades físicas.
6.6 a 7.3	Neutro o casi neutro, adecuada disponibilidad de nutrientes
7.4 a 8.0	Alcalino, exceso de carbonatos libres y solubles. Baja disponibilidad de fósforo, boro, hierro y zinc.
> 8.0	Exceso de sodio, inhibición del crecimiento vegetal. Alto contenido de sodio intercambiable o de carbonato de calcio libre, genera problemas importantes de porosidad y permeabilidad.

### Aluminio Intercambiable

En suelos ácidos, pH menor de 5.5, el  $Al(OH)$  y  $Al(OH)_2$  son muy solubles y alcanzan concentraciones tóxicas en las plantas. Se ha encontrado que 1ppm de aluminio soluble ya afecta la mayoría de las plantas.

### 7.6.6 PREGUNTAS

¿Qué tipo de intercambio (catiónico o aniónico) se presentará en un suelo que tuvo un pH en agua de 3.5 y en KCl de 4.5?.

¿Por qué los suelos tropicales típicos son ácidos?. Establezca una relación general entre el clima y el pH del suelo.

## **7.7 PRÁCTICA 3**

### **DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN UNA MUESTRA DE SUELO.**

#### **7.7.1 OBJETIVOS**

- Determinar el contenido de material orgánico en una muestra de suelo.
- Conocer la importancia de la determinación de la materia orgánica en una muestra de suelo.
- Aprender a analizar los resultados obtenidos de las muestras estudiadas.

#### **7.7.2 FUNDAMENTO TEÓRICO**

Está constituida por los desechos de origen animal y vegetal; los cuales contienen diferentes sustancias químicas que contribuyen a mejorar la composición del suelo.

Los componentes de la materia orgánica del suelo pueden clasificarse en dos grupos generales de sustancias:

**No húmicas:** residuos inalterados de tejidos vegetales y animales que son la fuente o materia prima para que los microorganismos los sinteticen o descompongan para poder ser asimiladas por las plantas.

**Húmicas:** son el resultado de la degradación de las sustancias húmicas, perdiendo toda semejanza bioquímica con los compuestos de origen.

El conjunto de todas las formas bajo las que se presenta el carbono representan el carbono total del suelo. No obstante, este análisis se refiere únicamente a la fracción oxidable. La importancia de este Carbono viene dada por su influencia directa e indirecta en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los efectos benéficos de la materia orgánica tanto en la planta como en el suelo son:  
Reduce la escorrentía superficial y la erosión, favorece el factor de agregación en el suelo, mejora la capacidad de retención de la humedad, actúa como depósito de nutrientes, actúa como fuente de energía y alimento para microorganismos, ayuda a la solubilización de nutrientes, mejora la capacidad de intercambio catiónico

El contenido de materia orgánica en los suelos varía dentro de un rango amplio. Según esto, los suelos se clasifican en dos grupos que son:

Orgánicos: contenido de materia orgánica superior al 20%

Minerales: contenido de materia orgánica inferior al 20%

A su vez, los suelos minerales se subdividen en un amplio rango que va desde 0.1 – 20%; teniendo la temperatura local una importante influencia en la determinación de la cantidad de materia orgánica en un suelo puntual.

### **7.7.3 MATERIALES Y REACTIVOS**

Ácido fosfórico al 85% grado analítico  $H_3PO_4$

Ácido sulfúrico concentrado  $H_2SO_4$

Dicromato de potasio 1N  $K_2Cr_2O_7$

Difenilamina - Indicador

Solución de sulfato ferroso 0.5 N

#### **Preparación de reactivos:**

Dicromato de potasio 1N: Disolver 49.04 gramos de  $K_2Cr_2O_7$  previamente seco durante 2 horas a 103 °C y diluir a 1 Litro.

Difenilamina: disolver 0.5 gramos de este reactivo en 20 mL de agua y 100 mL de  $H_2SO_4$ .

Solución ferrosa 0.5 N: Disolver 196 gramos de  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  en 800 mL de  $H_2O$  que contenga 40 mL de  $H_2SO_4$  concentrado, dejar enfriar y diluir a 1 litro.

### **7.7.4 PROCEDIMIENTO**

Secar la muestra previamente por 24 horas a 45°C, macerarla y pasarla por un tamiz No. 60 ó de 0.25 mm de diámetro.

Colocar en un erlenmeyer de 300 mL, 0.30 gramos de suelo, llevar un erlenmeyer sin muestra que servirá como blanco.

Adicionar 5 mL de Dicromato de potasio 1 N, añadir 10 mL de  $H_2SO_4$  concentrado, agitar durante un minuto.

Dejar reposar durante media hora, agregar 70 mL de  $H_2O$ , y 3 mL de  $H_3PO_4$  al 85% y 0.5 mL de indicador.

Titular el blanco con la solución ferrosa para conocer la normalidad del sulfato ferroso.

El punto final está dado por el paso de un color azul a un verde brillante. Titular las muestras en forma similar al paso anterior.

### 7.7.5 CÁLCULOS

- ❖ Calculo de la normalidad de la solución ferrosa

$$N_{\text{solución ferrosa}} = \frac{VK_2Cr_2O_7 \times NK_2Cr_2O_7}{V_{\text{solución ferrosa}}} \quad [7.14]$$

- ❖ Porcentaje de Carbono %C

$$\%C = \frac{(B - M) \times N \times 0.003 \times 1.3 \times 100}{Pm} \quad [7.15]$$

- ❖ Determinación de la materia orgánica

$$\% \text{ MO} = \% \text{ C} \times 1.724 \quad [7.16]$$

Donde:

B = Volumen de solución ferrosa gastada en el blanco

M = Volumen de solución ferrosa gastada en la muestra

N = Normalidad de la solución ferrosa

1.3 = la eficiencia de la reacción es del 77%

pm = peso de la muestra en gramos

En la siguiente tabla reporte los resultados obtenidos.

Tabla 7.9. Reporte de los resultados obtenidos para materia orgánica

MUESTRA	N SLN FERROSA	% C	% MO

### 7.7.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 7.10. Clasificación de la cantidad de materia orgánica con respecto al clima

CLIMA	INTERPRETACIÓN DEL PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA		
	Mineral Bajo	Mineral Medio	Mineral Alto
Frío	Menos de 5	5 – 10	Mayor de 10
Templado	Menos de 3	3 – 5	Mayor de 5
Cálido	Menos de 2	2 - 3	Mayor de 3

Tabla 7.11. Influencia de la materia orgánica con respecto a otras propiedades del suelo.

PROPIEDAD	EFECTO AL AUMENTAR EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA
Estructura	Favorece su formación, aumenta el tamaño y estabilidad de los agregados.
Porosidad	Aumenta la cantidad de macroporos.
Aireación	Aumenta el volumen de aireación y mejora la circulación del aire.
Infiltración	Aumenta su velocidad.
Drenaje	Aumenta la velocidad de circulación del agua dentro del suelo.
Humedad	Aumenta la capacidad de retener agua.
Consistencia	Aumenta la friabilidad, disminuye la pegajosidad, la plasticidad y el encostramiento superficial; con esto se facilita el laboreo.

Tabla 7.11. Influencia de la materia orgánica con respecto a otras propiedades del suelo.  
(continuación)

PROPIEDAD	EFECTO AL AUMENTAR EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA
Erodabilidad	Disminuye la susceptibilidad del suelo a la erosión.
Color	Oscurece el suelo facilitando su calentamiento, con lo cual mejora la germinación de las semillas, el desarrollo radicular y, en general, la nutrición de la planta.
CIC	Incrementa su valor.
PH	Disminuye.
Nutrientes	Aporta algunos (N, P, S principalmente) durante el proceso de mineralización; puede ocasionar fijación de algunos elementos menores; la disponibilidad de algunos nutrientes se puede ver reducida.
Contaminación	La materia orgánica almacena compuestos y/o elementos tóxicos como algunos ingredientes activos no degradables de agroquímicos o metales pesados (Pb, Ni, etc.), que llegan al suelo, dificultando su eliminación de este medio.
Biota	La principal fuente de energía para los organismos que viven en el suelo es la materia orgánica del mismo; algunos productos de su alteración pueden ser tóxicos para algunos de ellos.

## 7.8 PRÁCTICA 4

### DETERMINACIÓN DE FÓSFORO EN UNA MUESTRA DE SUELO

#### 7.8.1 OBJETIVOS

- Comprender la importancia de la determinación del fósforo en una muestra de suelo
- Conocer y ejecutar la técnica experimental para la determinación de fósforo en una muestra de suelo
- Aprender la forma correcta de analizar la información resultante de las muestras estudiadas.

#### 7.8.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

Su reserva fundamental en la naturaleza es la corteza terrestre. Por meteorización de las rocas o sacado por las cenizas volcánicas, queda disponible para que lo puedan tomar las plantas. Con facilidad es arrastrado por las aguas y llega al mar. Parte del que es arrastrado sedimenta al fondo del mar y forma rocas que tardarán millones de años en volver a emerger y liberar de nuevo las sales de fósforo. Otra parte es absorbida por el plancton que, a su vez, es comido por organismos filtradores de plancton, como algunas especies de peces. Cuando estos peces son comidos por aves que tienen sus nidos en tierra, devuelven parte del fósforo en las heces a tierra. Se le considera un "limitante" del desarrollo vegetal, debido a su escasez en los suelos. En el caso particular de Colombia, su baja disponibilidad se debe a que la mayoría de los suelos (más del 70%) poseen un pH menor a 5.5 con altas concentraciones de aluminio intercambiable.

Las funciones del fósforo en la planta son:

Estimula el desarrollo de las raíces y el crecimiento aéreo de la planta

Acelera la maduración

Indispensable en la formación de semillas y en la transmisión de factores hereditarios

Responsable de la utilización del azúcar y del almidón

Participa en reacciones de fosforilación, fotosíntesis, respiración y síntesis de carbohidratos

#### 7.8.3 MATERIALES Y REACTIVOS

Solución extractora: HCl 0.1 N + NH<sub>4</sub>F 0.03 N. Disolver 1.11 gr. de NH<sub>4</sub>F y 8.33 mL de HCl concentrado en agua y llevar a 1 Litro.

Solución A: Disolver 60 gr. de molibdato de amonio ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O en 200 mL de agua. Añadir 1.455gr de tartrato de antimonio y potasio (K(SbO)C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>·1/2H<sub>2</sub>O) y disolver. Agregar lentamente con agitación suave 700 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Enfriar y llevar a 1 Litro.

Solución B: Disolver 61gramos de ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ) en agua y completar a 500 mL.

Solución trabajo: A partir de las soluciones A y B tomar 25 mL de la solución A, transferir a un Beaker que contenga 800 mL de agua, mezclar y añadir 10 mL de la solución B y llevar a 1 Lt con agua destilada.

Solución estándar de fósforo: Disolver 0.2195 gr. de Fosfato de Hidrógeno y de Potasio cristalizado ( $KH_2PO_4$ ) previamente secado una hora a  $105^{\circ}C$ . Diluir con agua en un balón a 1 Lt. La solución resultante contendrá 50 ppm de P.

#### 7.8.4 PROCEDIMIENTO

Para realizar la determinación de fósforo se deberá construir una curva patrón, para esto se deberán tener en cuenta los volúmenes sugeridos en la tabla que se muestra a continuación para después leer estos valores en el espectrofotómetro a una amplitud de  $\lambda = 660$  nm y construir la curva de calibración.

Tabla 7.12. Reporte de datos para la construcción de la curva patrón.

mL DEL ESTÁNDAR DE P DE 50 PPM	VOLUMEN A AFORAR	[P] ppm	DESPUÉS DE REALIZADA ESTA PREPARACIÓN, SE TOMAN 2 ML DE CADA SOLUCIÓN PREPARADA Y SE COMPLETA HASTA 20 mL CON LA SOLUCIÓN TRABAJO.	NUEVA [P] ppm	LECTURA
0	50	0		0.0	
4	50	2		0.2	
8	50	4		0.4	
12	50	6		0.6	

Una vez realizada la curva patrón, se pesan 2.85 gr. De suelo, se pasa a un vaso de precipitado de 50 mL, se añaden 20 mL de la solución extractora, se agita manualmente y se filtra la suspensión inmediatamente recibiendo el filtrado en un Beaker de 100 mL.

Tomar 2 mL del extracto y transferirlo a un tubo de ensayo, agregar 18 mL de la solución de trabajo, agitar, dejar reposar por 10 minutos y hacer la lectura en el espectrofotómetro a una  $\lambda = 660$  nm.

#### 7.8.5 CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Realizar el cálculo de la concentración de fósforo según la curva patrón por medio de la ecuación de la recta  $Y = mx + b$

Utilizar los resultados obtenidos para realizar el calculo de la cantidad o concentración de fósforo en la muestra de suelo por medio de las fórmulas:

$$P_{\text{suelo}} (\text{ppm}) = L_c(\text{ppm}) \times V_f \times \text{alícuota} \times 10^3 / P_m \quad [7.17]$$

$$\text{Psuelo (ppm)} = Lc \text{ mgr}/1000 \times 20 \text{ mL} \times 20/2 \times 1000 \text{ gr}/2.85\text{gr} \quad [7.18]$$

$$\text{Psuelo (ppm)} = 70.2 \times Lc \quad [7.19]$$

Donde:

Lc: Lectura de la concentración en la curva de calibración.

Vf: Volumen tomado de solución extractora

Alícuota: cantidad de extracto tomado para la determinación.

A continuación se muestra un parámetro para la interpretación de la concentración de P en los suelos.

Tabla 7.13. Clasificación de la deficiencia de fósforo y su corrección.

[ ] NIVEL CRITICO ppm	CALIFICACION	DOSIS CORRECCIÓN DEFICIENCIA (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> KG./HA)
< 5	MUY BAJO	180
5 - 10	BAJO	135
10 - 15	MEDIO BAJO	90
15 -30	MEDIO ALTO	45
>30	ALTO	0

## 7.9 PRÁCTICA 5A

### DETERMINACIÓN DE BASES INTERCAMBIABLES EN UN AMUESTRA DE SUELO

#### 7.9.1 OBJETIVOS

- Conocer cuales son los elementos que me conforman las bases intercambiables.
- Aprender la forma correcta de determinar los cationes de los elementos calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ), entendidos como bases intercambiables.
- Analizar la importancia de los resultados de las muestras de suelo analizadas y llegar a conclusiones sobre el estado del mismo.

#### 7.9.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

##### Determinación de las bases intercambiables

Son los cationes de los elementos calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ). Estos cationes son absorbidos y retenidos por las superficies de los coloides; denominada fase sólida o intercambiable del suelo. Dependiendo de la cantidad de cationes de calcio, magnesio, potasio y sodio retenidos en la fase intercambiable, se obtiene un porcentaje para cada uno de ellos dentro del complejo CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico).

En el proceso de toma de nutrientes por las plantas, es necesario diferenciar dos fases: la fase sólida o intercambiable y la fase líquida o solución del suelo.

La fase sólida o intercambiable está representada por la superficie de los coloides (arcilla y materia orgánica), la cual se halla cargada negativamente y, por lo tanto, está en capacidad de atraer cationes o átomos cargados positivamente ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ). Conforman la reserva nutritiva del suelo, comparable a una despensa.

La fase líquida o solución de suelo es equivalente a una solución nutritiva en donde los iones (cationes y aniones) se encuentran libre y a disposición de ser tomados por las raíces de las plantas.

La saturación de bases se define como el porcentaje del total de la capacidad de intercambio catiónico, ocupado por cationes básicos como los que se nombraron anteriormente. El grado de fertilidad y el pH aumentan de manera directamente proporcional al grado de saturación de bases en el suelo.

De acuerdo a las cantidades de estos cationes retenidos en la fase intercambiable, se tiene un porcentaje para cada uno de ellos y es el porcentaje del total de la capacidad de intercambio catiónico ocupada por cationes básicos como Ca, Mg, Na y K.

De esta manera la saturación de las bases está relacionada directamente con el pH y el nivel de fertilidad del suelo. Para un suelo de una composición orgánica o mineral

determinada, el pH y el nivel de fertilidad se incrementan con un aumento en el grado de saturación de bases. Como regla general el grado de saturación de bases es más alta en las regiones áridas que en las húmedas.

### 7.9.3 MATERIALES Y REACTIVOS

Solución extractora de acetato de amonio normal y neutro: Pesar 77 gr de Acetato de Amonio y llevar a 1 Litro ajustando el pH a 7.

Solución de óxido de lantano al 10%: Pesar 100 gr de  $\text{La}_2\text{O}_3$  en un Beaker de 2 Litros, añadir 500 mL de agua y poco a poco 250 mL de HCl, agitar permanentemente, dejar enfriar y llevar a 1 Litro.

Solución patrón de Ca 100 ppm

Solución patrón de Mg 50 ppm

Solución patrón de Na 100 ppm

Solución patrón de K 100 ppm

### 7.9.4 PROCEDIMIENTO

Preparar las curvas patrón de la siguiente manera:

Tabla 7.14. Procedimiento para preparación de las curvas patrón para cada elemento.

Patrón	mL Ca 100 ppm	mL Mg 50 ppm	mL Sin extractora	mL lantano	Volumen final mL	[Ca] ppm	[Mg] ppm
1	0.0	0.0	5	5	250	0.0	0.0
2	2.5	1.5	5	5	250	1.0	0.3
3	5.0	3.0	5	5	250	2.0	0.6
4	10.0	6.0	5	5	250	4.0	1.2
5	20.0	12.0	5	5	250	8.0	2.4
Patrón	mL K 100 ppm	mL Na 100 ppm	mL Sin extractora	mL lantano	Volumen final mL	[K] ppm	[Na] ppm
1	0.0	0.0	5	5	250	0.0	0.0
2	2.5	1.25	5	5	250	1.0	0.5
3	5.0	2.5	5	5	250	2.0	1.00

Una vez se preparan los patrones, se pesan 2.5 gramos de la muestra de suelo. Agregar 25 mL de la solución extractora (acetato de amonio normal y neutro), dejar en reposo durante la noche y filtrar al siguiente día. En un erlenmeyer de 250 mL tomar 1 mL del filtrado, agregar 1 mL de óxido de lantano y completar a 50 mL con agua destilada.

Hacer la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica contra los patrones correspondientes.

Tabla 7.15. Parámetros para medición en espectrofotómetro de AA.

ELEMENTO	TÉCNICA	L. ONDA (nm)	INTENSIDAD (mA)	LLAMA (COMPOSICIÓN)	RENDIJA (nm)
K	Emisión	766.5	-	Aire / acetileno	0.5
Na	Emisión	589.0	-	Aire / acetileno	0.5
Ca	Absorción	422.7	6	Nitroso / acetileno	0.5
Mg	Absorción	285.2	4	Nitroso / acetileno	0.5

- ❖ Una vez obtenidos los valores corregidos se aplican las fórmulas para obtener las concentraciones de cada elemento:

Para Ca:

$$Ca \left( \frac{meq}{100gr} \right) = Lc \left( \frac{mg}{Lt} \right) \times 25 \times 10^{-3} L \times \frac{1meq.Ca}{20mg.Ca} \times \frac{100gr}{2.5gr} \times \frac{100mL}{2mL} \quad [7.20]$$

$$Ca \text{ (meq/100gr)} = Lc \times 2.5 \quad [7.21]$$

De igual manera se procede con el cálculo para los demás elementos y tenemos:

$$Mg \text{ (meq/100gr)} = Lc \times 4.16 \quad [7.22]$$

$$Na \text{ (meq/100gr)} = Lc \times 1.28 \quad [7.23]$$

$$K \text{ (meq/100gr)} = Lc \times 2.17 \quad [7.24]$$

Donde:

Lc: Lectura realizada en el espectrofotómetro.

Con los datos obtenidos complete el siguiente cuadro:

Tabla 7.16. Reporte de datos de la concentración de bases intercambiables.

MUESTRA	LC	Ca (meq/100gr)	Mg (meq/100gr)	Na (meq/100gr)	K (meq/100gr)

Tabla 7.17. Conversión de la concentración de las soluciones patrones de ppm a meq/100gr.

Patrón	[ ]	Ca	Mg	Na	K
1	Ppm	0.0	0.0	0.0	0.0
	Meq/100gr suelo	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Ppm	1.0	0.30	0.5	1.0
	Meq/100gr suelo	2.5	1.25	1.08	1.28
3	Ppm	2.0	0.6	1.0	2.0
	Meq/100gr suelo	5.0	2.5	2.16	2.56
4	Ppm	4.0	1.2	--	--
	Meq/100gr suelo	10.0	5.0	--	--
5	Ppm	8.0	2.4	--	--
	Meq/100gr suelo	20.0	10.0	--	--

## 7.10 PRÁCTICA 5B

### DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN UNA MUESTRA DE SUELO.

#### 7.10.1 OBJETIVOS

- Estudiar la importancia de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico CIC en una muestra de suelo.
- Aprender a realizar de manera adecuada el análisis químico para la determinación de la CIC.
- Realizar el respectivo análisis de los resultados de las muestras de suelo analizadas.

#### 7.10.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

La capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes y dependerá del número de cargas negativas existentes en la superficie de la arcilla y de la materia orgánica.

Las partículas de arcilla son los componentes de carga negativa del suelo. Dichas partículas atraen, retienen y desprenden partículas de nutrientes con carga positiva (cationes). Los cationes son los iones con carga positiva de los nutrientes  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{Al}^{+3}$  y otros. Las partículas de arena no tienen reactividad.

Como regla, suelos con grandes cantidades de arcilla y materia orgánica tendrán una mayor CIC que los suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica.

En términos prácticos, la capacidad de intercambio catiónico mide la cantidad de cationes expresada en miliequivalentes por 100 gramos (meq/100g) de suelo seco al horno a 105°C.

### 7.10.3 MATERIALES Y REACTIVOS

Solución saturada: acetato de amonio normal y neutro

Solución extractora: cloruro de sodio (NaCl) al 10%

Alcohol etílico al 95% neutralizado

Formaldehído al 40% neutralizado

Hidróxido de sodio 0.1 N

### 7.10.4 PROCEDIMIENTO

Pesar 5 gr de suelo en un erlenmeyer, agregar 25 mL de Acetato de Amonio, dejar en reposo durante la noche y filtrar.

Desechar el filtrado y lavar el exceso de sal amónica con 5 porciones de 10 mL de alcohol etílico sin dejar secar.

Desechar el filtrado y agregar 5 porciones de 10 mL de Cloruro de Sodio en un recipiente limpio sin dejar secar entre cada una de las adiciones.

Agregar 10 mL de formaldehído al filtrado, 3 gotas de fenolftaleína y titular con Hidróxido de Sodio 0.1 N hasta obtener un color rosado pálido permanente, llevar un Blanco de reactivos.

### 7.10.5 CÁLCULOS

❖ Cálculo de la CIC para cada muestra

$$CIC(meq/100gr) = \frac{[(V - B) \times N_{soda}] \times 100}{pm} \quad [7.25]$$

$$CIC(meq/100gr) = \frac{(V - B) \times 0.1 \times 100}{5} \quad [7.26]$$

$$CIC (meq/100gr) = 2 (V-B) Soda \quad [7.27]$$

V = Volumen de soda gastada en la muestra

B = Volumen de soda gastada en el blanco

N = Normalidad de la soda

Con los resultados obtenidos completar la siguiente tabla:

Tabla 7.18. Reporte resultados CIC.

PARÁMETRO	VALOR EN MUESTRA
Volumen de soda gastada en la muestra	
Volumen de soda gastada en el blanco	
Normalidad de la soda	
CIC	

- ❖ Cálculo del porcentaje de saturación de cada elemento para cada muestra

$$\% \text{ Saturación Cation} = \frac{[\text{cación}]}{CIC} \times 100 \quad [7.28]$$

- ❖ Cálculo del porcentaje total de saturación de bases para cada muestra

$$\% \text{ Saturación total bases} = \frac{\sum \text{Bases.totales}}{CIC} \times 100 \quad [7.29]$$

Con los resultados obtenidos complete la siguiente tabla:

Tabla 7.19. Reporte de resultados de concentración, % de saturación y bases totales.

MUESTRA	CATION Ca		CATION Na		CATION Mg		CATION k		Σ BASES TOTALES
	[ ]	% SAT	[ ]	% SAT	[ ]	% SAT	[ ]	% SAT	

### 7.10.6 ANÁLISIS

A continuación se presenta una tabla que sirve de parámetro para la interpretación de los resultados:

Tabla 7.20. Estimativo de la cantidad de cationes intercambiables en le suelo.

[ ] en meq/100g	CIC
Menor de 10	Baja
De 10 a 20	Media
Mayor de 20	Alta

Es deseable que un suelo presente una CIC alta, asociada con una buena saturación de bases, ya que esto indica una gran capacidad potencial de suministro de reserva de calcio, magnesio, potasio y sodio. Cuando un suelo presenta baja CIC es índice de baja fertilidad. Los resultados de porcentajes de saturación para cada elemento se pueden clasificar según la siguiente tabla:

Tabla 7.21. Clasificación del porcentaje de saturación para cada elemento.

PORCENTAJE DE SATURACION
--------------------------

	BAJO	MEDIO	ALTO
CALCIO	< 30	30 - 50	> 50
MAGNESIO	< 15	15 - 25	> 25
POTASIO	< 2	2 - 3	> 3
SODIO	< 7	7 - 15	> 15

### 7.10.6 PREGUNTAS

Un suelo tiene una CIC DE 18 meq/100 g de suelo y se encontraron las siguientes concentraciones de cationes:

Ca 1.5 meq/100g de suelo

Mg 0.7 meq/100g de suelo

Na 0.9 meq/100g de suelo

K 0.5 meq/100g de suelo

Calcule el porcentaje de saturación de bases y el porcentaje de saturación para cada elemento.

## 7.11 PRÁCTICA 6

### DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS MENORES EN UNA MUESTRA DE SUELO.

#### 7.11.1 OBJETIVOS

- Aprender a identificar y conocer acerca de cada uno de los elementos que comprenden los elementos menores del suelo.
- Conocer la importancia de la determinación de los elementos menores en una muestra de suelos.
- Determinar químicamente la concentración de elementos menores en el suelos.
- Realizar el análisis respectivo de los resultados de las diferentes muestras de suelo estudiadas.

#### 7.11.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

Como su nombre lo indica, se trata de elementos y compuestos que son necesarios para el adecuado desarrollo vegetal, pero en dosis pequeñas; sin que esto signifique que sean menos importantes que otros nutrientes.

*Hierro (Fe):* Elemento asociado con la producción de la clorofila, ayuda a mantener el color verde de la planta y al crecimiento y desarrollo de los frutos, ayuda a que la planta respire bien. Su deficiencia se nota en el color rojo de las hojas.

*Manganeso (Mn):* Tiene un papel importante en el desarrollo de la planta, especialmente en la asimilación del fósforo, calcio y magnesio. Su deficiencia es característica en los suelos arenosos.

*Zinc (Zn):* Aumenta la resistencia a las heladas, interviene en la formación de la clorofila y estimula el vigor de la planta.

*Cobre (Cu):* Es importante para la formación de clorofila y proteínas; crecimiento del tallo y de las hojas; ayuda a la planta a defenderse de las enfermedades.

### 7.11.3 MATERIALES Y REACTIVOS

Solución extractora: En 600 mL de agua, adicionar 16.5 mL de TEA (Trietanolamina) y agitar, agregar 1.97 gr DTPA, agitar y adicionar 2.94 gr CaCl<sub>2</sub>, disolver y llevar hasta 970 mL con agua destilada. Ajustar el pH de la solución con HCl 6N y llevar a 1 Lt.

Patrón de Fe de 100 ppm

Patrón de Mn de 100 ppm

Patrón de Cu de 100 ppm

Patrón de Zn de 100 ppm

### 7.11.4 PROCEDIMIENTO

A partir de los patrones anteriores y completando con solución extractora, preparar los nuevos patrones de trabajo según la siguiente tabla:

Tabla 7.22. Preparación de los patrones de trabajo

Patrón	mL Fe 100ppm	mL Mn 100 ppm	mL Cu 100 ppm	mL Zn 100 ppm	Vf (mL)
1	0.0	0.0	0.0	0.0	250
2	6.25	3.125	2.5	2.5	250
3	12.5	6.25	5.0	5.0	250
4	25	12.5	10.0	10.0	250

Teniendo en cuenta los volúmenes de los patrones utilizados, la concentración de las soluciones de trabajo en ppm serían según la siguiente tabla:

Tabla 7.23. Concentración de las soluciones de trabajo en ppm

Patrón	[Fe] ppm	[Mn] ppm	[Cu] ppm	[Zn] ppm
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.5	1.25	1.0	1.0
3	5	2.5	2.0	2.0
4	10.0	5.0	4.0	4.0

Una vez obtenidos los patrones de trabajo se pesan 5 gr de suelo y se agregan 20 mL de la solución extractora (DTPA), agitar durante 20 minutos y filtrar.

Del filtrado tomar 2 mL y adicionar 18 mL de la solución extractora (dilución de 2 a 20, o factor 10) y se lee inmediatamente en el equipo de absorción atómica según las indicaciones de la siguiente tabla:

Tabla 7.24. Longitud de onda para la lectura de la concentración de los elementos en el EAA.

ELEMENTO	LONGITUD DE ONDA (nm)	
Cu	324.753	327.396
Zn	213.857	206.197
Mn	279.8	
Fe	248.3	

- ❖ Luego se deberá hacer la corrección teniendo en cuenta la concentración inicial o del blanco determinado para cada elemento menor. Con esta información llenar la siguiente tabla:

Tabla 7.25. Reporte de resultados de las determinaciones de elementos menores.

ELEMENTO	LECTURA	LECTURA DEL BLANCO	LECTURA CORREGIDA LECTURA – LECTURA BLANCO
Cu			
Zn			
Mn			
Fe			

### 7.11.5 CÁLCULOS Y ANÁLISIS

- ❖ Una vez realizada la corrección con el valor del blanco se calcula la concentración en ppm de cada elemento en el suelo con las siguientes fórmulas:

$$ppmFe = Lc \frac{mg}{Lt} \times 20 \times 10^{-3} Lt \times \frac{10^6 mgr}{5 \times 10^3 mgr} \times \frac{20}{2} \quad [7.30]$$

$$Ppm Fe \text{ en el suelo} = Lc \times 40 \quad [7.31]$$

$$Ppm Mn \text{ en el suelo} = Lc \times 40 \quad [7.32]$$

$$Ppm Cu \text{ en el suelo} = Lc \times 40 \quad [7.33]$$

$$Ppm Zn \text{ en el suelo} = Lc \times 40 \quad [7.34]$$

Donde:

Lc: lectura en la curva del equipo de absorción atómica.

Nota: Los patrones de trabajo alterados por el factor 40, si se hace la dilución, quedarían (ppm del elemento en el suelo) según la siguiente tabla:

Tabla 7.26. Concentración en ppm de cada uno de los patrones de trabajo.

Patrón	Fe	Mn	Cu	Zn
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	100.0	50.0	40.0	40.0
3	200.0	100.0	80.0	80.0
4	400.0	200.0	160.0	160.0

Si no se realiza la dilución, el factor sería 4 y los patrones de trabajo quedarían (ppm del elemento en el suelo):

Tabla 7.27. Concentración en ppm de cada uno de los patrones de trabajo sin realizar la dilución.

Patrón	Fe	Mn	Cu	Zn
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	10.0	5.0	4.0	4.0
3	20.0	10.0	8.0	8.0
4	40.0	20.0	16.0	16.0

A continuación se presenta una tabla para interpretación de los resultados:

Tabla 7.28. Clasificación del contenido de los elementos en el suelo

Elemento	Bajo	Medio	Alto	Valencia
Zn	< 2.0	> 2.0	> 4.0	2
Cu	< 1.0	1.0 – 3.0	> 3.0	2
Mn	< 5.0	5.0 – 10	> 10.0	2
Fe	2.5 – 4.5			2 - 3

## 7.12 PRÁCTICA 7

### DETERMINACIÓN DE BORO DISPONIBLE (B)

#### 7.12.1 OBJETIVOS

- Conocer la importancia de este elemento dentro del suelo.
- Aprender la identificación analítica de este elemento
- Realizar de forma adecuada el análisis y conclusiones de los resultados obtenidos para cada una de las muestras estudiadas.

#### 7.12.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

Importante en el desarrollo de la raíz, hojas y botones florales; interviene en la formación de proteínas para que el polen de las flores permanezca vivo y se formen más fácilmente las semillas.

Importante en el desarrollo de meristemos y en el crecimiento

Está relacionado con la utilización de Ca dentro de la planta

Mejora la calidad de alfalfa, frutos y granos

Importante en los procesos de floración y fructificación pues participa en la formación del polen.

### 7.12.3 MATERIALES Y REACTIVOS

Solución extractora de fosfato monocalcico 0.008M  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ : Pesar 2.03 gr de fosfato monocalcico monohidratado, adicionar 1 mL de ácido acético glacial y llevar a un litro con agua destilada.

Solución Buffer: Disolver 100 gr de acetato de amonio en 160 mL de agua destilada, adicionar 50 mL de ácido acético (densidad 1.05) y 2.68 gr de EDTA, a esta mezcla, añadir 2.4 mL de Acido Tioglicólico del 98% (Mercaptoacético), mezclar bien y dejar en reposos durante la noche. (Se prepara semanalmente en botella de polietileno).

Azometina-HH: Pesar 2gr de ácido ascórbico y disolver en 50 ml de agua y añadir 0.9 gr de Azometina-H y llevar a 100 mL con agua destilada. (Se prepara diariamente).

Patrón de 100 ppm de boro B: Pesar 0.572 gr de Ácido Bórico  $\text{H}_3\text{BO}_3$  y llevar a 1 Litro con agua destilada. A partir de la solución anterior preparar una solución de 5 ppm de Boro.

### 7.12.4 PROCEDIMIENTO

A partir de la solución de 5 ppm de Boro preparar los siguientes patrones según la siguiente tabla:

Tabla 7.29. Preparación de los patrones de Boro para construir la curva de calibración.

PATRÓN	mL de 5 ppm B	TODAS LAS SOLUCIONES SE COMPLETAN A 50 ML CON SOLUCIÓN EXTRACTORA.	[B] en ppm
1	0.0		0.0
2	4.0		0.40
3	8.0		0.80
4	12.0		1.20

Una vez preparados los patrones, se pesan 10 gr de suelo en un vaso plástico de 50 mL, se adicionan 25 mL de Fosfato monobásico de Calcio, se agita durante 10 minutos y se filtra.

Tomar del filtrado y de cada uno de los estándares 2 mL, a cada uno adicionar 4 mL de Buffer, agitar y añadir a cada solución 2 mL de Azometina-H, mezclar bien, dejar en reposo por 40 minutos

Se realiza la curva de calibración de Boro a 430 nm en el espectrofotómetro con las diferentes concentraciones, con los resultados obtenidos llenar la siguiente tabla:

Tabla 7.30. Reporte de resultados del espectrofotómetro para las soluciones patrones.

PATRÓN	LECTURA
1	
2	

3	
4	

Después de realizar la curva de calibración se somete cada muestra a lectura en el espectrofotómetro y se completa la siguiente tabla:

Tabla 7.31. Reporte de resultados del espectrofotómetro para las soluciones patrones.

MUESTRA	LECTURA
1	
2	
3	
4	

Teniendo en cuenta la curva de calibración para el Boro y la ecuación de la recta ( $Y = mx + b$ ) se calculan las concentraciones de boro en ppm.

Una vez calculada la [B] se aplica la fórmula para el cálculo de la [B] en el suelo.

#### 7.12.5 CÁLCULOS Y ANÁLISIS

$$B \text{ suelo en ppm} = B \text{ muestra en ppm} \times 2.5 \quad [7.35]$$

A continuación se presenta una tabla para interpretación de los resultados:

Tabla 7.32. Interpretación de resultados de la concentración de Boro obtenida.

Elemento	Bajo	Medio	Alto	Valencia
B	< 0.2	0.21 – 0.60	> 0.6	3

## 7.13 PRÁCTICA 8

### DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYOUCOS

#### 7.13.1 OBJETIVOS

- Aprender la forma adecuada de realizar un análisis granulométrico de suelos.
- Conocer la importancia de la determinación del análisis granulométrico en una muestra de suelo.
- Relacionar la textura del suelo con cada una de sus propiedades físicas y químicas.
- Realizar el análisis respectivo de las muestras estudiadas.

#### 7.13.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

La textura es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar).

Este parámetro muestra la relación porcentual de arcilla, limo y arena en el suelo; estos elementos están presentes en todos los suelos, siendo las arcillas las partículas más pequeñas, los limos las intermedias y las arenas las más grandes. Es la propiedad física más estable, por lo cual se le considera constante por un largo período de tiempo. Esta característica sirve como criterio para determinar la permeabilidad o infiltración; la capacidad de retención de humedad; la plasticidad o adhesividad; la aireación; las condiciones de labranza; la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad.

La textura del suelo, para los fines prácticos normales, se determina por el método del **hidrómetro** o de **Bouyoucos**, el cual consiste en determinar los porcentajes en que se encuentran los diferentes separados del suelo, de acuerdo con el peso de una muestra seca del mismo; este método se fundamenta en la **Ley de Stokes**, la cual establece que la velocidad de caída de las partículas pequeñas, en un medio líquido, es directamente proporcional a su tamaño.

#### 7.13.3 MATERIALES Y REACTIVOS

Agente dispersante: pesar 35.45 gr de hexametáfosfato de sodio ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> y 7.94 gr de Carbonato de sodio anhídrido ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Disolver y llevar a 1 Litro con agua destilada.

Alcohol amílico  
 Hidrómetro  
 Agitador de pistón

#### 7.13.4 PROCEDIMIENTO

Pesar 50 gr de la muestra de suelo y adicionarlo en el vaso de aluminio de la batidora, agregar 100 mL de agua corriente y 10 mL de agente dispersante; agitar con una varilla de vidrio o batir durante 10 minutos.

Pasar la suspensión anterior a un cilindro graduado de 1000 mL, completar el volumen con el hidrómetro sumergido.

Agitar durante 1 minuto con ayuda del agitador de Pistón o embolo de caucho y dejar reposar tomando el registro del tiempo a partir del momento en que se retire el embolo.

A los 40 segundos se introduce el hidrómetro y se realiza la primera lectura , teniendo en cuenta la temperatura de la suspensión, con esta lectura se calculará el % de arena.

A las 2 horas y sin disturbar, tomar la segunda lectura del hidrómetro y del termómetro. Con esta lectura se calculará el % de arcilla.

Para cada temperatura buscar la correspondiente corrección del hidrómetro en la siguiente tabla:

Tabla 7.33. Correcciones para el hidrómetro a diferentes temperaturas.

°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
15	-1.6	-1.56	-1.53	-1.49	-1.46	-1.42	-1.38	-1.35	-1.31	-1.28
16	-1.24	-1.20	-1.17	-1.13	-1.10	-1.06	-1.02	-0.99	-0.95	-0.92
17	-0.88	-0.84	-0.81	-0.77	-0.74	-0.70	-0.66	-0.63	-0.59	-0.56
18	-0.52	-0.48	-0.45	-0.41	-0.38	-0.34	-0.30	-0.27	-0.23	-0.20
19	-0.16	-0.12	-0.09	-0.05	-0.02	-0.02	0.06	0.09	0.13	0.16
20	0.2	0.24	0.27	0.31	0.34	0.38	0.42	0.45	0.49	0.52
21	0.56	0.60	0.63	0.67	0.70	0.74	0.78	0.81	0.85	0.88
22	0.92	0.96	0.99	1.03	1.06	1.10	1.14	1.17	1.21	1.24
23	1.28	1.32	1.35	1.39	1.42	1.46	1.50	1.53	1.57	1.60
24	1.64	1.68	1.71	1.75	1.78	1.82	1.86	1.89	1.93	1.96
25	2.00	2.04	2.07	2.11	2.14	2.18	2.22	2.25	2.29	2.32
26	2.36	2.40	2.43	2.47	2.50	2.54	2.58	2.61	2.65	2.68
27	2.72	2.76	2.79	2.83	2.86	2.90	2.94	2.97	3.01	3.04
28	3.08	3.12	3.15	3.19	3.22	3.26	3.30	3.33	3.37	3.40
29	3.44	3.48	3.51	3.55	3.58	3.62	3.66	3.69	3.73	3.76
30	3.8	3.84	3.87	3.91	3.94	3.98	4.02	4.05	4.09	4.12
31	4.16	4.20	4.23	4.27	4.30	4.34	4.38	4.41	4.45	4.48
32	4.52	4.56	4.59	4.63	4.66	4.70	4.74	4.77	4.81	4.84
33	4.88	4.92	4.95	4.99	5.02	5.06	5.10	5.13	5.17	5.20

Una vez encontrado el valor a corregir aplicar la siguiente fórmula:

$$(c) = (t \times 0.36) - 7 \quad [7.36]$$

Donde  $t$  es la temperatura encontrada en la tabla.

Calculado (c) se adiciona este valor al determinado por el hidrómetro.

Con los datos obtenidos complete la siguiente tabla:

Tabla 7.34. Reporte de resultados de textura.

MUESTRA	LECTURA A LOS 40 SEGUNDOS			LECTURA A LAS 2 HORAS		
	HIDRÓMETRO	TERMÓMETRO (°C)	HIDRÓMETRO CORREGIDA	HIDRÓMETRO	TERMÓMETRO (°C)	HIDRÓMETRO CORREGIDA

### 7.13.5 CÁLCULOS

❖ Se calcula el porcentaje de arena, limo y arcilla de la siguiente forma:

$$\% \text{ Arena} = \frac{100 - 1^{\text{a}} \text{ lectura.corregida}.40 \times 100}{pm} \quad [7.37]$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{2^{\text{a}} \text{ lectura.corregida}.2 \text{ horas} \times 100}{pm} \quad [7.38]$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla}) \quad [7.39]$$

pm = peso de la muestra en gramos

Si se pesan 50 gr de suelo entonces:

$$\% \text{ Arena} = 100 - 2L_1 \quad [7.40]$$

$$\% \text{ Arcilla} = 2L_2 \quad [7.41]$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla}) \quad [7.42]$$

L<sub>1</sub>: Lectura corregida a los 40 segundos

L<sub>2</sub>: Lectura corregida a las 2 horas.

Los porcentajes obtenidos se llevan al triángulo textura presentado en la figura xxx y se define la clase de textural correspondiente a la muestra analizada.

Con los resultados obtenidos complete la siguiente tabla:

Tabla 7.35. Reporte de resultados clases texturales.

MUESTRA	CONTENIDO DE LOS SEPARADOS			CLASE TEXTURAL
	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	

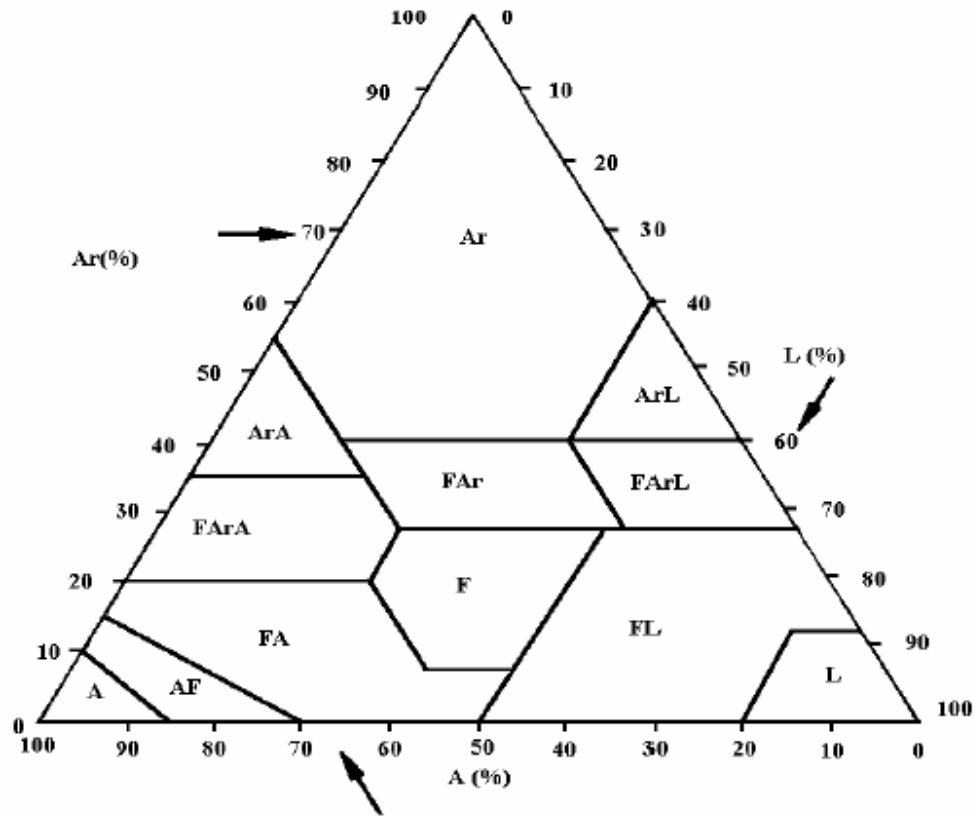


Figura 7.5. Triangulo textural.

## **7.14 PRÁCTICA 9**

### **DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD GRAVIMÉTRICA Y VOLUMÉTRICA, DE LA DENSIDAD APARENTE Y REAL DEL SUELO, LA POROSIDAD TOTAL, PESO DE 1 HA DE SUELO Y DE LA LÁMINA DE AGUA.**

#### **7.14.1 OBJETIVOS**

- Determinar adecuadamente las propiedades físicas del suelo entre las cuales se encuentran la humedad volumétrica y gravimétrica, densidad aparente y real y porosidad total.
- Aprender a analizar los resultados obtenidos para cada una de las propiedades físicas del suelo y definir criterios de manejo como susceptibilidad a la erosión por agua, fertilidad y condición de labranza.

#### **7.14.2 FUNDAMENTO TEÓRICO**

La capacidad de retención de agua también es una propiedad importante en los suelos; especialmente si se trata de suelos agrícolas; pues gran parte del agua retenida en el suelo es extraída por las plantas para su desarrollo, lo cual se facilita si el suelo contiene suficiente agua aprovechable.

Según la humedad presente en los suelos, estos se clasifican en:

- Suelos saturados: son los que poseen la máxima cantidad de agua que puede almacenar, sin que haya encharcamiento, toda la capacidad de retención (porosidad) se encuentra ocupada. Generalmente se presenta después de una lluvia, no es favorable para las plantas si el tiempo es prolongado.
- Capacidad de campo: es el contenido de humedad de un suelo profundo, permeable y con buen drenaje luego de haber recibido una abundante cantidad de agua (lluvia o riego). Esta condición garantiza un adecuado suministro de agua para las plantas.
- Punto de marchites: es el punto de humedad, tal que las plantas no logran extraer suficiente agua del suelo para sus funciones y comienzan a mostrar síntomas de marchites temporal o permanente.

*La humedad gravimétrica* del suelo se da como una medida de la proporción de agua por unidad de suelo seco, y se utiliza para conocer la humedad volumétrica del agua, y así la cantidad de agua disponible para las plantas.

*La densidad del suelo* es una resultante de la relación masa a volumen . En el suelo esta propiedad se determina bajo las formas de densidad real y densidad aparente.

*Densidad real* se refiere al peso de las partículas sólidas de los suelos y por tanto puede definirse la relación entre el peso de las partículas sólidas y secas a la estufa (105 – 110 °C) dividido por el volumen de agua desalojado por ellas. Es la llamada también gravedad específica y se expresa en  $\text{gr/cm}^3$ . La densidad real de los suelos varía generalmente entre 2.6 y  $2.75 \text{ gr/cm}^3$ .

*La densidad aparente* es la relación existente entre el peso de un volumen dado de suelo a la estufa (105 – 110 °C) incluyendo su arreglo estructural (sin disturbar) y el volumen de agua desalojado por el mismo. Se le denomina peso-volumen o densidad de campo. Varía generalmente entre 1.0 y  $1.8 \text{ gr/cm}^3$ .

*El espacio poroso o porosidad total* es el porcentaje del volumen del suelo ocupado por aire y por agua.

*La capa arable del suelo* se calcula mediante la densidad aparente. Cada vez que aumenta la densidad aparente, la capa arable del suelo tiene un mayor peso por Ha.

*La humedad volumétrica* se calcula a partir del valor de la densidad aparente y de la humedad gravimétrica. Conociendo la humedad volumétrica se puede calcular la cantidad de agua que almacena el suelo a una determinada profundidad.

### **7.14.3 MATERIALES Y REACTIVOS**

Estufa  
Desecador  
Balanza  
Plato  
Cilindro  
Probeta

### **7.14.4 PROCEDIMIENTO**

#### Humedad gravimétrica (HG)

Tomar y pesar una muestra de suelo en campo de aproximadamente 100 gr

Llevar a una estufa a 105°C durante 24 horas. Dejar enfriar en el desecador, pesar y calcular el porcentaje de humedad.

Con los resultados obtenidos complete la siguiente tabla:

Tabla 7.36. Reporte de resultados para humedad gravimétrica (HG).

Peso del plato	
Peso del plato + muestra húmeda	
Peso de la muestra húmeda	
Peso del plato + muestra seca	
Peso de la muestra seca	
% Humedad gravimétrica	

Realice el cálculo de la humedad gravimétrica con la siguiente ecuación:

$$\%HG = \frac{\text{Peso.muestra.húmeda} - \text{peso.muestra.sec a}}{\text{Peso.muestra.sec a}} \times 100 \quad [7.43]$$

#### Densidad real o gravedad específica ( Dr)

Pesar en cada una de tres probetas 20 gramos de una muestra de suelo previamente secada a 105°C y pasada por un tamiz #10.

Utilizar las probetas y analizar las tres muestras utilizan el principio de Arquímedes, esto es, determinando la cantidad de líquido desplazado de la muestra de suelo pesada, por medio de la adición de un volumen conocido de agua (utilizar 25 mL de agua para cada una de las tres muestras).

Con los resultados obtenidos complete la siguiente tabla:

Tabla 7.37. Resultados obtenidos para densidad real.

Medidas realizadas	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Probeta (gr)			
Peso Probeta + muestra de suelo (gr)			
Peso de la muestra de suelo (gr)			
Volumen líquido desplazado (mL)			
Densidad real de cada muestra			
Densidad promedio			

Para el cálculo de la densidad real se utiliza la fórmula de densidad:

$$D = M / V \quad [7.44]$$

Donde:

D: Densidad en gr/mL.

M: Masa en gr.  
 V: Volumen en mL.

Calcule las tres densidades, una para cada muestra, después realice el promedio de las tres y finalmente reporte su resultado.

Densidad aparente

Pesar un cilindro seco y limpio. Por medio de este cilindro extraer la muestra de suelo y pesar.

Llevar la muestra a la estufa a 105°C por 24 horas y sin disturbar.

Calcular el peso de la muestra húmeda y seca según los resultados obtenidos.

Calcular el volumen del cilindro de acuerdo a la fórmula de volumen del cilindro y a sus dimensiones.

Complete la siguiente tabla con los resultados obtenidos:

Tabla 7.38. Resultados obtenidos para densidad aparente.

Peso del cilindro (gr)	
Peso del cilindro + muestra húmeda (gr)	
Peso del cilindro + muestra seca (gr)	
Peso de la muestra seca (gr)	
Diámetro del cilindro (cm)	
Longitud del cilindro (cm)	
Volumen del cilindro (cc)	
Densidad aparente (g/cc)	

Con los resultados obtenidos aplicar la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{\text{Peso.muestra.seca}(gr)}{\text{Volumen}(cc)} \quad [7.45]$$

Calculo de la humedad volumétrica (HV)

A partir del valor de la densidad aparente, es posible convertir el porcentaje de humedad del suelo con base en peso seco (humedad gravimétrica) en porcentaje de humedad con base en volumen (humedad volumétrica).

$$\%HV = \%HG \times Da \quad [7.46]$$

Con los resultados completar la siguiente tabla:

Tabla 7.39. Resultados obtenidos para HV.

MUESTRA	% HUMEDAD VOLUMÉTRICA
---------	-----------------------


- ❖ Cálculo de la lámina de agua almacenada en el suelo ó mm de agua almacenada en una capa arable de suelo de 20 cm.

$$\text{Lámina (mm agua / cm suelo)} = \% \text{ HV} \times \text{Profundidad estimada en cm} \quad [7.47]$$

Por ejemplo, si %HV = 32.5, entonces:

$$\text{Lámina} = (32.5 / 100) \times 20 \text{ cm} \quad [7.48]$$

$$\text{Lámina} = 6.5 \text{ cm de agua} / 20 \text{ cm de suelo} \quad [7.49]$$

$$\text{Lámina} = 65 \text{ mm agua} / 20 \text{ cm de suelo} \quad [7.50]$$

$$\text{Lámina} = 3.25 \text{ mm agua} / \text{cm de suelo} \quad [7.51]$$

$$\text{Como } 1 \text{ mm agua} = 10 \text{ m}^3 / \text{Ha} \quad [7.52]$$

$$\text{Lámina} = 3.25 \text{ mm agua} \times 10 \text{ m}^3 / \text{Ha} \quad [7.53]$$

$$\text{Lámina} = 32.5 \text{ m}^3 \text{ de agua} / \text{cm} / \text{Ha} \quad [7.54]$$

Lo anterior quiere decir que después de la lluvia el suelo se encuentra almacenando una lámina de agua de 3.25 mm de agua por centímetro de suelo ó 32.5 metros cúbicos de agua por cm de suelo en una Hectárea.

Realice el mismo procedimiento para su resultado de %HV y repórtelo en la siguiente tabla:

Tabla 7.40. Resultados obtenidos para agua almacenada

MUESTRA	AGUA EN CAPA ARABLE

Determinación del peso de 1 Ha de suelo

Conociendo la densidad aparente podemos hallar el peso de 1 Ha de suelo a una profundidad determinada, generalmente a 20 cm de profundidad.

$$W = D_a \times V \quad [7.55]$$

W: Peso de Ha de suelo

Da: Densidad aparente

V: Volumen ocupado por 1 Ha de suelo a 20 cm de profundidad

Por medio de esta ecuación calcule el peso de 1 Ha de suelo según sus resultados y repórtelos en la siguiente tabla:

Tabla 7.41. Resultados obtenidos para peso de 1 Ha de suelo.

MUESTRA	W

#### Determinación de la porosidad total (Pt)

La porosidad total o espacio poroso es el porcentaje del volumen de suelo ocupado por el aire y por el agua.

$$\% Pt = [ 1 - (Da / Dr) ] \times 100 \quad [7.56]$$

Da = densidad aparente

Dr = densidad real

Aplicando la fórmula y con sus resultados calcule la porosidad en la muestra de suelo, llene la siguiente tabla:

Tabla 7.42. Resultados obtenidos para porosidad.

MUESTRA	POROSIDAD

## 7.15 PRÁCTICA 10

### ANÁLISIS DE UNA MUESTRA SALINA

#### 7.15.1 OBJETIVOS

- Analizar los diferentes parámetros fisicoquímicos en una muestra salina de suelo.
- Identificar los efectos en el suelo que produce la acumulación de sales.
- Aprender a clasificar una muestra de suelo según el tipo de salinidad presente.
- Aprender la importancia en el análisis e identificación de una muestra de suelo salino.
- Analizar los resultados obtenidos de cada una de las muestras estudiadas.

#### 7.15.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

pH y conductividad:

Los suelos salinos son aquellos que contienen sales solubles en tal cantidad que alteran desfavorablemente su productividad. Reciben el nombre de alcali blanco y se conocen en el campo por la presencia de calvas o costras salinas en la superficie. La medida de la concentración de sales solubles en el suelo se registra a través del parámetro químico de conductividad eléctrica (CE), expresado por unidades americanas en milimohos.

Un suelo salino para ser considerado como tal, debe presentar los siguientes parámetros:

PH menor de 8.5  
CE mayor a 2 milimohos/cm  
PSI menor de 7%

Porcentaje de saturación, sodio soluble, CIC y porcentaje de sodio intercambiable (psi):

El porcentaje de saturación relaciona la cantidad de agua que se necesita para saturar una muestra de suelo teniendo en cuenta su humedad gravimétrica.

El sodio soluble relaciona el sodio obtenido en la muestra después del lavado con acetato de amonio y el porcentaje de saturación.

El porcentaje de sodio intercambiable relaciona el sodio intercambiable con la capacidad de intercambio catiónico CIC

#### 7.15.3 MATERIALES Y REACTIVOS

Potenciómetro  
Conductímetro

Buffer  
Beaker  
Agua destilada

#### 7.15.4 PROCEDIMIENTO

##### DETERMINACIÓN DEL pH Y CONDUCTIVIDAD

Pesar 50 gr de suelo, añadir 50 mL de agua destilada, agitar y dejar en reposo 1 hora, leer en el pHmetro y en el conductímetro previamente calibrado.

Con los datos obtenidos complete el siguiente cuadro:

Tabla 7.43. Resultados obtenidos para pH y conductividad.

MUESTRA	pH	CONDUCTIVIDAD

##### OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN

Pesar de 200 a 500 gr de suelo seco al aire y colocarlo en un recipiente plástico con tapa. Adicionar agua destilada y agitar con una espátula hasta que se encuentre próximo a saturación.

Dejar en reposo hasta que el agua sature el suelo y agregar agua hasta conseguir una pasta totalmente saturada. En ese punto, la pasta saturada brilla y refleja la luz, fluye y resbala ligera y libremente cuando se inclina el recipiente y se consolida fácilmente cuando el recipiente se golpea después de abrir un camino con la espátula.

Se deberá determinar el peso del agua utilizado para saturar la muestra seca al aire.

Después de mezclar deberá dejarse en reposo durante la noche o mínimo 12 horas.

Se deberá calcular la humedad gravimétrica de la muestra de suelo como se indicó en prácticas anteriores.

Con los resultados completar la siguiente tabla:

Tabla 7.44. Resultados obtenidos para extracto de saturación.

Pa: Peso del agua usado para saturar la muestra seca al aire (gr)	
Hw: Humedad gravimétrica de la muestra	
Pm: Peso de la muestra de suelo que se saturó (gr)	

Aplicar la siguiente ecuación para el cálculo del % de saturación

$$\%PS = \frac{Pa(100 + Pw)}{Pm} + Pw \quad [7.57]$$

Donde:

%PS = Porcentaje de saturación de agua en la muestra

Pa = peso del agua usado para saturar la muestra seca al aire

Hw = Humedad gravimétrica de la muestra

Pm = Peso de la muestra de suelo que se saturó

Reporte sus resultados en la siguiente tabla:

Tabla 7.45. Resultados obtenidos porcentaje de saturación

MUESTRA	%PS

#### DETERMINACIÓN DE SODIO EXTRAÍDO CON ACETATO DE AMONIO

El sodio intercambiable se determina de igual forma a lo descrito en la práctica 5A.

Se lee en el equipo de absorción atómica comparando con un patrón o blanco.

Reporte sus resultados en la siguiente tabla:

Tabla 6.46. Resultados obtenidos Na extraído con acetato.

MUESTRA	Na CON ACETATO DE AMONIO

#### DETERMINACIÓN DE LA CIC

Se determina de igual forma que en la práctica 5B. Reporte sus resultados en la siguiente tabla:

Tabla 7.47. Resultados obtenidos para CIC.

Volumen de NaOH gastado	
Volumen de NaOH gastado en el blanco	
Calculo de la CIC	

#### DETERMINACIÓN DEL PSI

Una vez alcanzado el punto de saturación y habiendo dejado el reposo correspondiente, se filtra al vacío y en el extracto se determina el sodio soluble y hallamos el PSI (% Na intercambiable).

Para la determinación del sodio soluble, la muestra deberá tener un factor de dilución de 1000, se toma 1 mL y se diluye hasta completar 100 mL.

Se lee en el equipo de absorción atómica comparando con un patrón o blanco.

Con los datos obtenidos calcular:

Sodio soluble:

$$Na\ soluble\ me/100g = \frac{Na\ soluble\ me/l}{1000} \times PS \quad [7.58]$$

Sodio intercambiable:

$$Na\ intercambiable\ (me/100gr) = Na\ extraído\ con\ acetato\ de\ amonio - Na\ soluble \quad [7.59]$$

Cálculo del % de sodio intercambiable PSI:

$$PSI = (Na\ intercambiable / CIC) \times 100 \quad [7.60]$$

Con los resultados obtenidos completar la siguiente tabla:

Tabla 7.48. Reporte de resultados para Na soluble, intercambiable y PSI.

PARÁMETRO	VALOR EN MUESTRA
Na soluble	
Na intercambiable	
PSI	

### 6.15.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se puede realizar una clasificación de esta muestra según la siguiente tabla:

Tabla 7.49. Clasificación de los resultados obtenidos para salinidad.

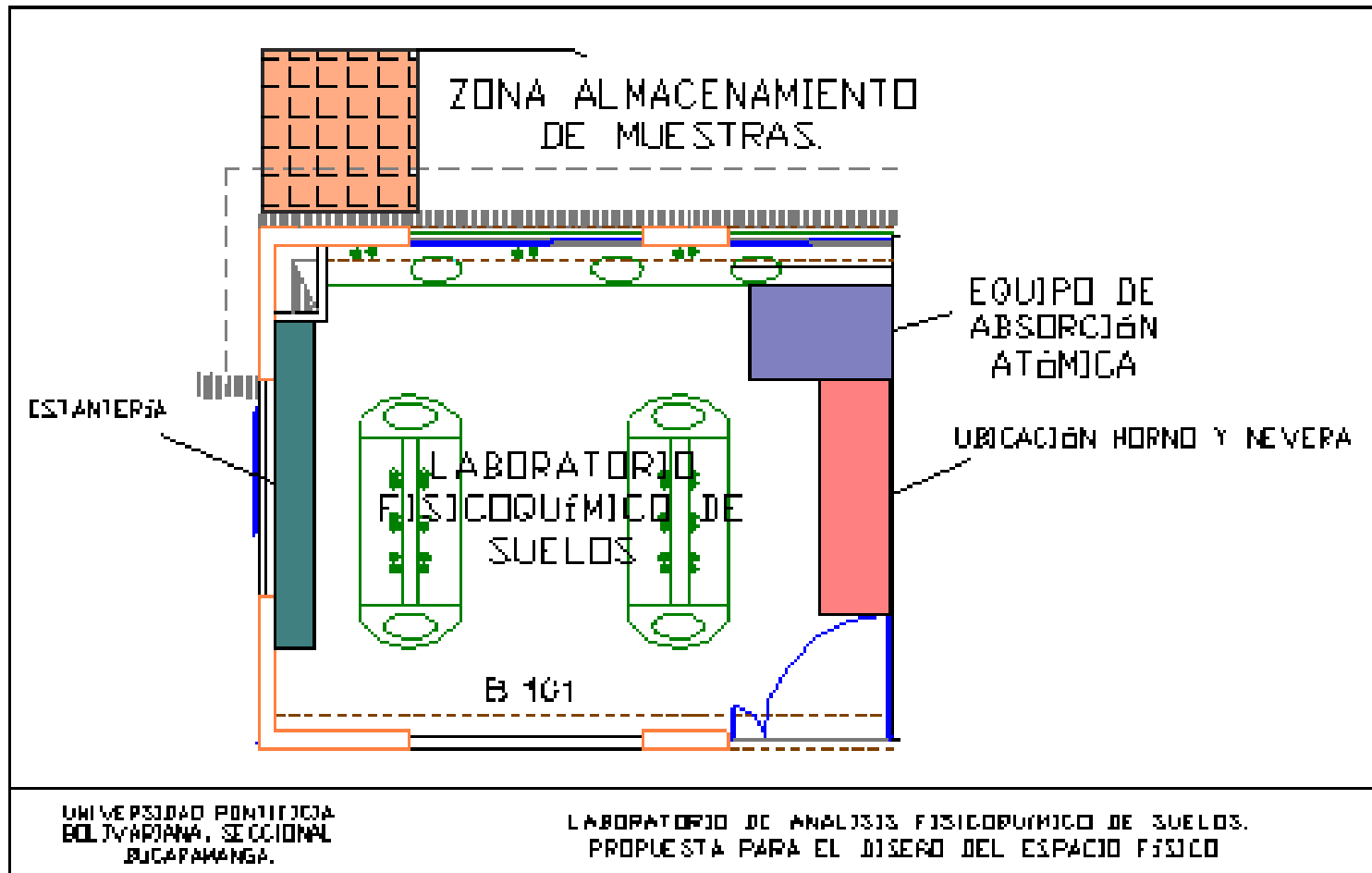
Clase de salinidad	Conductividad eléctrica CE Mmhos/cm o ds/m
Ligeramente salino S1	2 – 4
Medianamente salino S2	4 – 8
Fuertemente salino S3	8 – 16
Extremadamente salino S4	Mayor de 16
Clase de salinidad	Porcentaje de sodio intercambiable PSI
Ligeramente sódico	7 – 15
Medianamente sódico	15 – 20
Fuertemente sódico	20 – 30
Extremadamente sódico	Mayor de 30

## 8. PRESUPUESTO

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1	COSTO TOTAL REACTIVOS	5'902.651
2	COSTO TOTAL EQUIPOS Y MANTENIMIENTO	34'592.000
3	SUBTOTAL	40'494.651
	IMPREVISTOS (10%)	4'049.465
	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>44'544.116</b>

Ver especificaciones en el Anexo 1.

## 8. ESQUEMA DE DISEÑO



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se diseñó una propuesta viable económicamente para la implementación de laboratorio de análisis fisicoquímico de suelos en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.

Se realizó la consulta bibliográfica, recopilación de información e investigación sobre las diferentes técnicas de análisis para la realización de un estudio fisicoquímico básico de suelos.

Se planteó una propuesta de diseño para el espacio físico del laboratorio.

Se realizó el presupuesto para el desarrollo de la propuesta de implementación.

Para el diseño y realización del manual de laboratorio así como para el presupuesto se tuvieron en cuenta los equipos y materiales a disposición previamente adquiridos, debido a esto, la inversión en equipos no es tan grande como se esperaría para un laboratorio de estas características.

Es importante complementar el manual con las técnicas biológicas para el análisis de suelos, de esta forma se podrá realizar un análisis integral del mismo.

Se deberá disponer de un espacio físico adecuado a las características del laboratorio, ya que el espacio asignado es compartido con los laboratorio de aguas residuales y agua potable lo que dificulta la distribución del espacio.

Es de gran importancia tener en cuenta estas recomendaciones para el diseño de ampliaciones de la Universidad en su planta física.

Debido a las características de las muestras a analizar y al espacio disponible, se diseñó una adecuación externa al laboratorio para la recepción y almacenamiento de muestras.

En cuanto al presupuesto para la implementación del laboratorio, se podrá realizar en forma gradual, adquiriendo en primera estancia los reactivos y el material crítico.

Aunque el laboratorio cuenta con materiales y equipos, se recomienda realizar una inversión gradual de tal manera que estos pertenezcan a uso exclusivo del laboratorio con el fin de que en un futuro se puedan prestar servicios a la comunidad en general.

## **BIBLIOGRAFÍA**

DANIEL F JARAMILLO. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Medellín. 2002.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE ESTADOS UNIDOS - USDA. Servicio de investigación agrícola. Servicio de conservación de recursos naturales. Instituto de calidad de suelos. " Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo". Agosto de 1999.

**Anexo A**  
**Detalle del presupuesto para la propuesta de implementación del laboratorio de análisis de suelos.**

**PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL BUCARAMANGA.**

ITEM	REACTIVOS	ARQUILAB LTDA.1			ARQUILAB LTDA 2			PROLAR LTDA			MULTIQUIMICOS			MIN	LAB
		CANT	MARCA	VALOR UNIT.	CANT	MARCA	VALOR UNIT.	CANT	MARCA	VALOR UNIT.	CANT	MARCA	VALOR UNIT.		
1	Acetato de amonio normal y neutro	500 G	M	152000	1 KG	CE	74000	KG	CE	83900	KG	CE	84656	74000	A2
2	Ácido acético glacial	1 L	M	419000	2,5 L		95000	2,5 L	MARCA	78000	L	MA	57094	57094	MQ
3	Ácido ascórbico	100 G	CE	122500	100 G	CE	85000	100 G	CE	92400	100 G	CE	96460	85000	A2
4	Ácido bórico	500 G	M	187000	1 KG	CE	104000				100 G	CE	118650	104000	A2
5	Ácido clorhídrico concentrado	1L	M	70000				2,5 L	M	49000	L	MA	46384	46384	MQ
6	Ácido fosfórico al 85% grado analítico H3PO4	2,5 L	M	600000	2,5 L	M	375000	L	M	210000	L	MA	127575	127575	MQ
7	Ácido nítrico	1 L	M	164000	2,5 L	CE	130000	2,5 L	CE	145300	L	CE	79223	79223	MQ
8	Ácido sulfúrico concentrado H2SO4	1 L	M	92000	2,5 L	MA	78000	2,5 L	M	58000	L	MA	58669	58000	MQ
9	Ácido tioglicólico al 98% (mercaptoacético)	500 ML	CE	451100	500 ML	CE	310000	500 ML	CE	352000	500 ML	CE	355241	310000	A2
10	Alcohol amílico	500 ML	MA	171300	500 ML	MA	115000	500 ML	MA	133600	500 ML	MA	134899	115000	A2
11	Alcohol etílico al 95% neutralizado	1L	M	74000				2,5 L	MA	86000				74000	A1
12	Azometina-H	10 G	CE	296000	10 GR	CE	200000	10 G	M	175500	10 G	CE	233100	175500	P
13	Buffer pH 4	500 ML	M	57000	L	ML	27000	500 ML	ML	20700	500 ML	CN	17955	17955	MQ
14	Buffer pH 7	500 ML	M	58000	L	ML	28000	500 ML	ML	20700	500 ML	CN	17955	17955	MQ
15	CaCl2	1 Kg	M	325000	1 KG		110000	KG	CE	126300		CE	236093	110000	A2
16	Carbonato de sodio anhidro	1 KG	M	147000			92000	KG	M	74000	KG	MA	117338	74000	P
17	Cloruro de bario	1 KG	M	124000	1 KG		69000	KG	M	62400		CE	78593	62400	P
18	Cloruro de sodio (NaCl)	1 KG	M	55000	1 KG	CE	20000	KG	CE	22700	KG	CE	22838	20000	A2
19	Dicromato de potasio	1 KG	M	384000	1 KG	CE	190000	KG	CE	216000	KG	CE	218295	190000	A2
20	Difenil amina	100 gr					310000	100 G	M	305800				305800	A2
21	Estándart de fósforo	100 MI	M	1700000	100 ML	M	1060000							1060000	A2

22	Fenoltaleína	300 ML	ML	23000	300 ML	ML	20000	100 G	CE	76700	100 G	CE	77411	20000	A2
23	Formaldehído al 40% neutralizado	1 L	M	60000	L	MA	45000	2,5 L	M	82200	L	MA	51975	45000	A2
24	Fosfato de Hidrógeno y de Potasio	KG	M	148000	1 KG	CE	67000	KG	M				67000	A2	
25	Fosfato monocalcico						167000	KG	CE	183300			167000	A2	
26	Hexametáfosfato de sodio	KG	CE	120100	1 KG	CE	83000	KG	CE	93500	KG	CE	94579	83000	A2
27	Hidróxido de sodio	1 KG	M	68000	1 KG	CE	37000	KG	M	34200	KG	CE	42210	34200	P
28	KCl	1 KG	M	93000	1 KG	CE	48000	KG	M	47000	KG	CE	54968	47000	P
29	Molibdato de amonio	250 G	M	469000	100 GA	CE	77000	100 G	CE	87000	100 G	CE	88279	77000	A2

ITEM	REACTIVOS	ARQUILAB LTDA.1			ARQUILAB LTDA 2			PROLAR LTDA			MULTIQUIMICOS		MIN	LAB
		CANT	MARCA	VALOR UNIT.	CANT	MARCA	VALOR UNIT.	CANT	MARCA	VALOR UNIT.	CANT	VALOR UNIT.		
31	Patrón de Boro 1000 ppm	100 ML	M	182000	100 ML	M	114000	100 ML	M	142000			114000	A2
32	Patrón de Ca 100 ppm	500 ML	M	284000	500 ML	M	180000	500 ML	M	221500			180000	A2
33	Patrón de Cu 100 ppm	100 ML	M	182000	100 ML	M	114000	100 ML	M	142000			114000	A2
34	Patrón de Fe 100 ppm	100 ML	M	182000	100 ML	M	114000	100 ML	M	142000			114000	A2
35	Patrón de K 100 ppm	500 ML	M	284000	500 ML	M	178000	500 ML	M	221500			178000	A2
36	Patrón de Mg 50ppm	100 ML	M	182000	100 ML	M	114000	100 ML	M	142000			114000	A2
37	Patrón de Mn 100 ppm	100 ML	M	182000	100 ML	M	114000	100 ML	M	142000			114000	A2
38	Patrón de Na 100 ppm	500 ML	M	263000	500 ML	M	165000	500 ML	M	205000			165000	A2
39	Patrón de Zn 100 ppm	100 ML	M	182000	100 ML	M	114000	100 ML	M	142000			114000	A2
40	Polivinil polipirrolidona	100 G		95000	100 GA	M	100000	100 G	M	154000			95000	A1
41	Sacarosa G.A	250 G	M	98000	KG	CE	106000	KG	CE	120600	KG	121748	98000	A1
42	Sílica gel	KG	M	171000	KG	CE	96000	KG	CE	108000	KG	109069	96000	A2
43	Solución Buffer pH 4	1 Lt	ML	31000	LT	ML	27000				500 ML	17955	17955	MQ
44	Solución Buffer pH 7	1 Lt	ML	32000	L	ML	28000				500 ML	17955	17955	MQ
45	Solución Buffer pH 10	1 Lt	ML	33000	L	ML	29000	500 ML	ML	20000	500 ML	17955	17955	MQ
46	Sulfato de potasio	1 KG		209000	KG	CE	87000	KG	CE	98700	KG	95710	87000	A2
47	Sulfato ferroso	500 G	M	218000	KG	CE	170000	KG	CE	192700	KG	194513	170000	A2

48	Tartrato de antimonio y potasio	500 G				296000	KG	CE	122500	250 G	251685	122500	P
49	Trietanolamina	250 ML		144000	L	M	310000	L	M	170000		144000	A1

**COSTO TOTAL REACTIVOS LABORATORIO**

**5902651**

ABREVIACIONES:

CE=CARLO ERBA

M= MERK

MA=MALLINCKRDOT SYS=SYS

H=HALDENWAGNER

P=PROLAB

MQ=MULTIQUIMICOS

ITEM	MATERIALES	CANTIDAD	ARQUILAB 1		ARQUILAB 2		MULTIQUIMICOS		PROLAR		MIN	LAB
			VR. UNIT	VR.TOT	VR. UNIT	VR.TOT	VR. UNIT	VR.TOT	VR. UNIT	VR.TOT		
1	Balón aforado de 100 mL	10	43000	430000	38000	380000	39600	396000	24500	245000	245000	P
2	Balón aforado de 1000 mL	2	87000	174000	82000	164000	74400	148800	77900	155800	148800	MQ
3	Balón aforado de 250 mL	10	56000	560000	46000	460000	40800	408000	42700	427000	408000	MQ
4	Balón aforado de 50 mL	10	46000	460000	38000	380000		0	37700	377000	377000	P
5	Balón aforado de 500 mL	10		0	54000	540000		0	51500	515000	515000	P
6	Cápsula de porcelana	10	36000	360000	32000	320000	16800	168000	26400	264000	168000	MQ
7	Embudo de vidrio	10	34000	340000	34000	340000	16800	168000	15000	150000	150000	P
8	Erlenmeyer de 100 mL	10	7800	78000	6350	63500	6000	60000	6300	63000	60000	MQ
9	Erlenmeyer de 250 mL	10	9100	91000	7400	74000	6960	69600	7300	73000	69600	MQ
10	Espátula	10	7000	70000	7000	70000	7200	72000	7000	70000	70000	A2/A1/P
11	Frasco lavador de polietileno	10	9000	90000	7800	78000	6960	69600	7300	73000	69600	MQ
12	Mortero con pistilo diámetro mayor 20 cm (120mm)	10	176000	1760000	150000	1500000	188400	1884000	278000	2780000	1500000	A2
13	Papel filtro - cajas	6	23000	138000	21000	126000	9240	55440	10000	60000	55440	MQ
14	Pipeta de 1 mL	10	6100	61000	5000	50000	2740	27400	4800	48000	27400	MQ
15	Pipeta de 10 mL	10	7092	70920	5800	58000	2740	27400	5500	55000	27400	MQ
16	Pipeta de 20 mL	10	14000	140000	11100	111000	10080	100800	11600	116000	100800	MQ
17	Pipeta de 5 mL	10	6100	61000	5000	50000	2740	27400	4800	48000	27400	MQ
18	Probeta de 100 mL	10	23000	230000	18300	183000	15600	156000	16300	163000	156000	MQ
19	Probeta de 500 mL	3	64000	192000	52000	156000	43200	129600	45300	135900	129600	MQ
20	Tamiz con criba # 60 de 0,25 mm de diámetro	6	300000	1800000	110000	660000		0		0	660000	A2

21	Termómetro	4	32000	128000	27000	108000	0	0	108000	A2
22	Varilla agitadora	10	2500	25000	2500	25000	0	1300	13000	P
23	Vaso de precipitado de 100 mL	10	7500	75000	6100	61000	0	6000	60000	P
24	Vaso de precipitado de 250 mL	10	8000	80000	6500	65000	0	5800	58000	P
25	Vaso de precipitado de 50 mL	10	7500	75000	6100	61000	0	6000	60000	P
26	Vaso de precipitado de 600 MI	10	10800	108000	8800	88000	0	8700	87000	P
27	Vidrio de reloj	10	5800	58000	5200	52000	0	3800	38000	P

**SUBTOTAL MATERIALES**

**5389040**

ITEM	EQUIPO Y MANTENIMIENTO	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR.TOTAL
1	Lámpara para determinación de Ca en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1750000	1750000
2	Lámpara para determinación de Cu en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1750000	1750000
3	Lámpara para determinación de Fe en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1750000	1750000
4	Lámpara para determinación de K en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1750000	1750000
5	Lámpara para determinación de Mg en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1750000	1750000
6	Lámpara para determinación de Mn en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1750000	1750000
7	Lámpara para determinación de Na en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1750000	1750000
8	Lámpara para determinación de Zn en equipo de absorción atómica VARIAN	1	1990000	1990000
9	Verificación instalación Espectrofotómetro de absorción atómica, VARIAN 7899/4044	1	1350000	1350000
10	Mantenimiento Espectrofotómetro de absorción atómica - VARIAN 7899/4044	1	2262000	2262000
11	Adecuaciones laboratorio	1	4000000	4000000
12	NOVA 600 Fotómetro con batería MERK	1	8000000	8000000
13	Kit oxitop degradación de suelos	1	4740000	4740000

**SUBTOTAL EQUIPOS Y  
MANTENIMIENTO**

**34592000**