

MANUAL DE LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA



Tercer Semestre 2026.

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

| DÍA | HORARIO | ACTIVIDAD |
|--|-------------|--|
| Lunes | 08:00-12:00 | Práctica 0: Toma de muestra de suelo |
| | 13:00-17:00 | Práctica 1: Textura del suelo al tacto |
| Martes | 08:00-12:00 | Práctica 2: Granulometría del suelo |
| | 13:00-17:00 | Práctica 3: Color de suelo según método Munsell |
| Miércoles | 08:00-12:00 | Práctica 4: Densidad aparente y la capacidad de campo |
| | 13:00-17:00 | Práctica 5: Potencial de hidrógeno en el suelo |
| Jueves | 08:00-12:00 | Práctica 6: Fertilización y enmiendas. |
| | 13:00-17:00 | |
| La evaluación será virtual del 25/05/2026 al 29/05/2026. | | |

MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada grupo de estudiante deberá traer los siguientes materiales según corresponda en la práctica:

| No. | Reactivos y Material |
|------------|---|
| 0 Lunes | 1 azadón 1 pala plana, normal o tipo Coa 1 cubeta 4 bolsas plásticas 1 pesa 1 lapicero 1 etiqueta para la muestra 2 metros cuadrados de nylon grueso. ** 1 mazo o martillo. 1 rastrillo pequeño (de jardinería) o normal. 1 teléfono inteligente con aplicación para GPS. 1 tamiz de 2 mm. |
| 1 Lunes | 1 muestra de suelo previamente identificada (práctica 0) 1 botella de plástico 600 ml 2 metros cuadrados de nylon grueso. ** |

| | |
|----------------|--|
| 2 Martes | 1 muestra de suelo previamente identificada (práctica 0) 1 botella de plástico 600 ml 2 metros cuadrados de nylon grueso. ** Regla de 30 cm 2 tapaderas de 5 cm de diámetro con mínimo y entre 1 a 3 cm de profundidad. 1 juego de tablas de color Munsell o aplicaciones para teléfono inteligente que analice colores Munsell. |
| 3 Martes | 1 muestra de suelo previamente identificada (práctica 0) 1 botella de plástico 600 ml 2 metros cuadrados de nylon grueso. ** 1 regla milimétrica 1 frasco de vidrio con tapadera de paredes lisas. 1 calculadora. 1 varilla de agitación |
| 4 Miércoles | 1 muestra de suelo previamente identificada* 1 botella de plástico 600 ml. 2 metros cuadrados de Nylon grueso ** 1 cuchara de plástico 1 jeringa 5 ml 1 masking tape 1 calculadora 1 filtro de café |
| 5 Miércoles | 1 muestra de suelo previamente identificada* 1 botella de plástico 600 ml. 2 metros cuadrados de Nylon grueso ** 1 cuchara de plástico 1 jeringa 5 ml 1 par de guante (individual) 1 tabla periódica de los elementos 7 frascos de vidrio o plástico pequeños o recolector de muestra. 1 botella pequeña de vinagre 5 gramos de NaHCO_3 5 gramos de CaCO_3 y/o Ca(OH)_2 5 gramos de $\text{CO(NH}_2)_2$ y/o $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| 6 Jueves | Lápiz Calculadora Hojas en blanco |

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. Realizar las prácticas de forma ordenada y limpia.
10. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **25 de mayo a las 8:00 horas al 29 de mayo a las 18:00 horas.**

INFORME DE PRÁCTICA

Las secciones de las cuales consta un informe, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

- a) Resumen de la práctica
- b) Resultados
- c) Conclusiones

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESUMEN DE LA PRÁCTICA:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.
- b. **RESULTADOS:** Es la sección en la que se presentan de manera clara y objetiva los datos obtenidos a partir de la práctica realizada.
- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

DETALLES FÍSICOS DEL INFORME

- El informe debe presentarse en hojas de papel bond **tamaño carta**.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del informe deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los informes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

PRÁCTICA No. 0

TOMA DE MUESTRA DE SUELO

1. Propósito de la práctica:

- 1.1 Aplicar los procedimientos y pasos a seguir en la toma de la muestra y submuestra del suelo en el campo.
- 1.2 Realizar la preparación de las muestras de suelo, siguiendo una serie de procedimientos: depurado, molido y secado, para su almacenamiento y posterior análisis en el laboratorio.
- 1.3 Etiquetar las bolsas con muestras para su identificación y posterior almacenamiento.

2. Marco Teórico:

Glosario

- **Muestra:** es definida como una parte representativa que presenta las mismas características o propiedades del material que se está estudiando.
- **Muestreo de suelo:** es la actividad de recolección de las muestras de suelo (representativas), que permiten caracterizar el suelo en estudio.
- **Muestra simple o submuestra:** es la muestra obtenida de una sola extracción del suelo. Son usadas en trabajos de investigación, extensión, y en suelos muy homogéneos. Se recomienda tomar una muestra de un kg por hectárea suelo, para fines de nutrición de plantas.
- **Muestra compuesta:** se refiere a la muestra de suelo obtenida de varias extracciones o muestras simples, reunidas en un recipiente codificado por profundidad, si es el caso, y luego bien mezcladas, de donde se retira un kg de suelo. Es el muestreo más utilizado para planificar fertilización. Se recomienda entre seis y doce submuestras por unidad de muestreo.
- **Espacio homogéneo de terreno:** es el área que presenta características similares en toda su extensión, en cuanto a color, textura, relieve, manejo del terreno, entre otros; que permite obtener resultados de análisis químicos y físicos de laboratorio, coherentes con la producción obtenida en ese lote y de esta forma permita predecir y diagnosticar adecuadamente la fertilidad del suelo.

(Mendoza Corrales & Espinoza, 2017)

Diseños de muestreos:

Terrenos sin pendiente o con una pendiente reducida: Se recomienda hacer un muestreo en transectos paralelos los cuales formarán una red cuadrícula (ver figura 1)

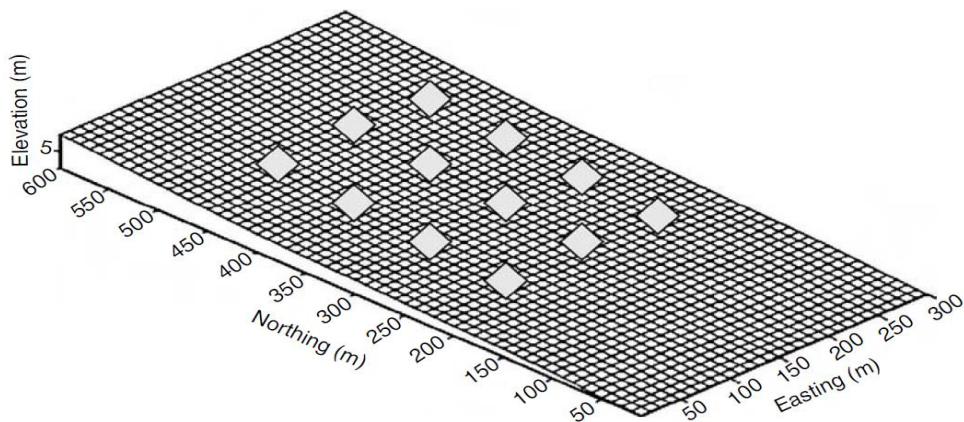


Fig. 1: Ejemplo de un diseño de muestreo con cuadrícula compuesta por cuatro transectos paralelos en una superficie nivelada. Las muestras de suelo se tomarán en cada punto marcado con un rombo. (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

Terrenos con pendientes pronunciadas: Es muy utilizado el muestreo en un solo transecto a través de la pendiente o en varios transectos paralelos en una red cuadrícula (Figura 2 y 3)

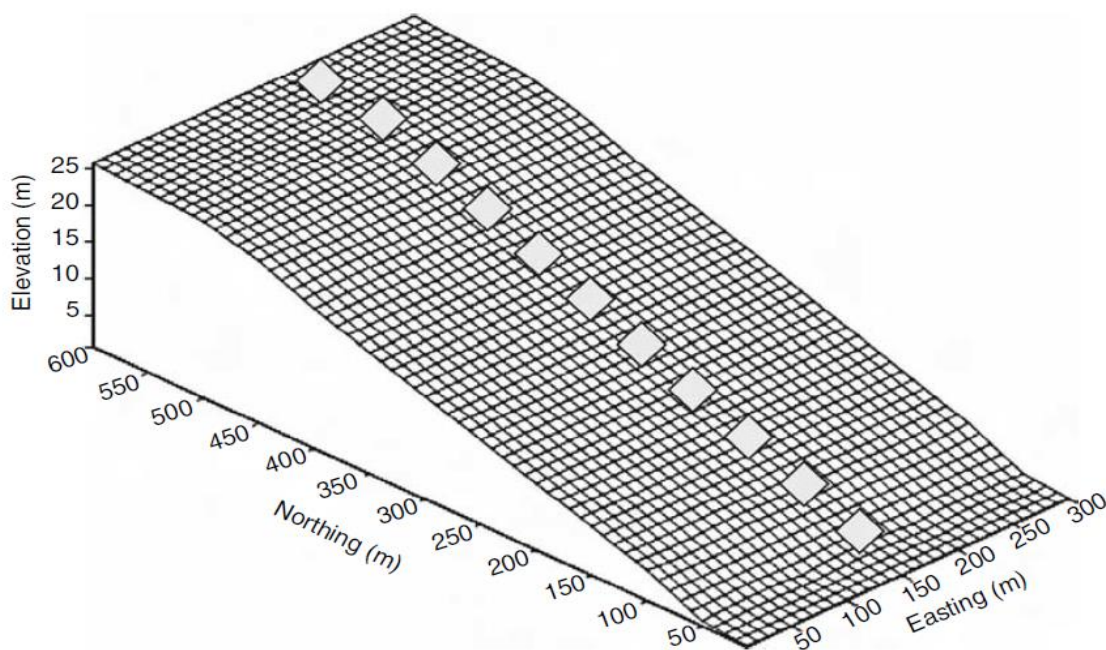


Fig. 2: Ejemplo de un diseño de toma de muestras transecto en una superficie inclinada, a través de la pendiente. (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

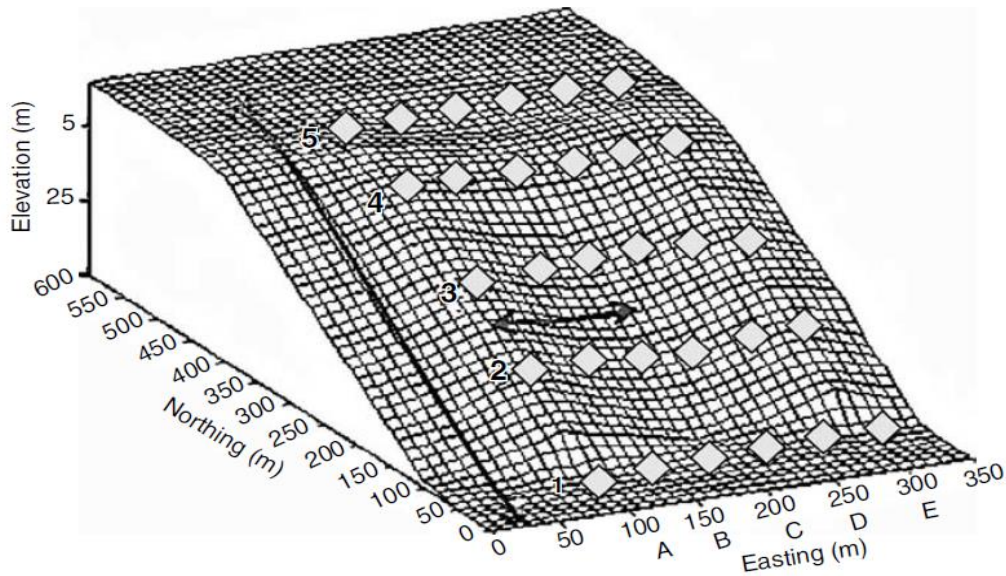


Fig. 3: Ejemplo de un diseño de muestreo en cuadrícula compuesta por seis transectos paralelos sobre una superficie inclinada a través de la pendiente. La flecha orientada cuesta abajo delimita la longitud de la pendiente a lo largo del eje de la red, y la flecha a través de la pendiente indica la longitud mínima del eje de la red. (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

Muestreo aleatorio: En el muestreo aleatorio las muestras preferiblemente individuales se recogen en lugares al azar del terreno. Estos lugares aleatorios se pueden generar con un GPS o con un patrón de muestreo zigzag (fig 4)

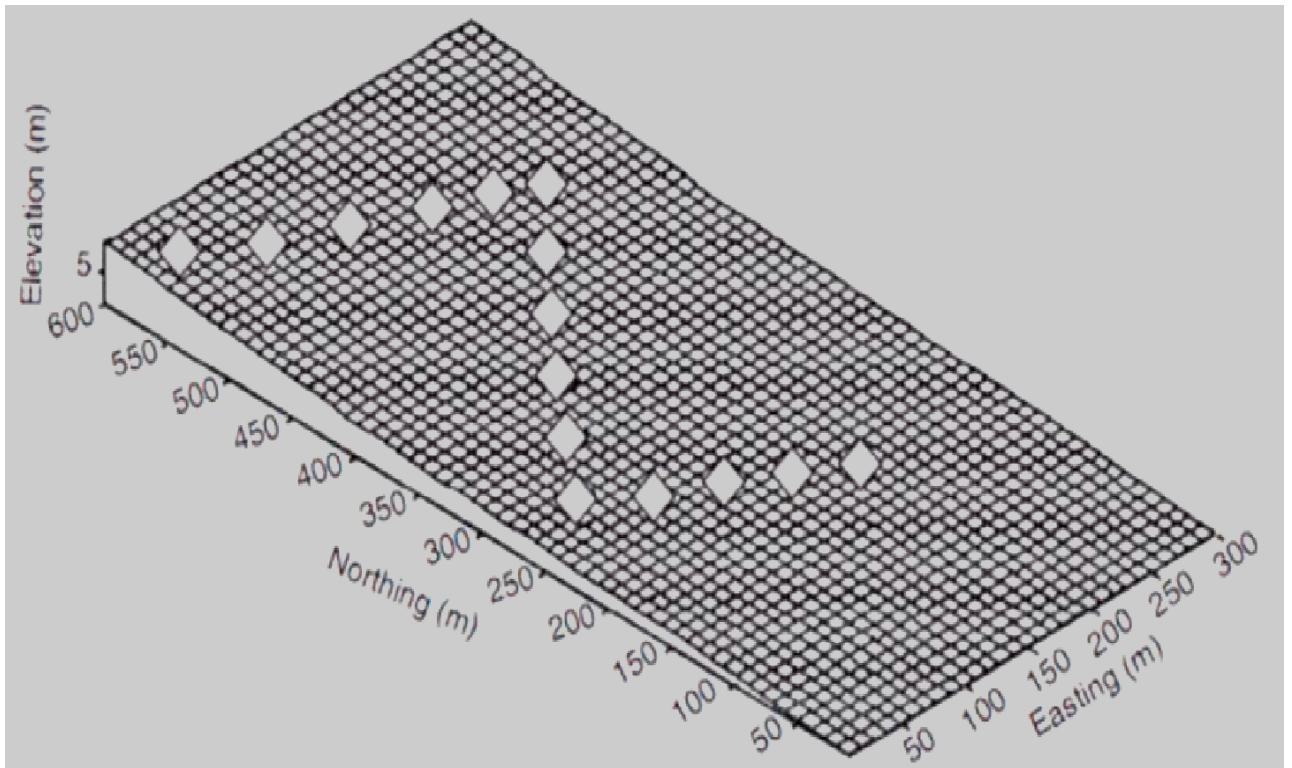


Fig. 4: Ejemplo de un diseño de muestreo en zigzag (Tomado de Carter y Gregorich 2008)

Tabla 1, Uso del suelo, objetivos de muestreo y profundidad de muestreo.

| Uso de la tierra | Profundidad (cm) | Observaciones |
|---|--|---|
| SUELOS PROFUNDOS EN PLANICIES O VALLES. | | |
| Cultivos anuales con labranza tradicional para fertilidad general o recomendaciones de fertilización (maní, granos básicos. | 0 a 10 ó 0 a 20 | Solo la capa arable; muestreo 2 meses previo a la siembra. |
| Hortalizas | 0 a 10 | Muestreo por lote o bancales. |
| Pastos | 0 a 10 | Dividir potreros en áreas homogéneas |
| Plantas perennes y frutales | 0 a 30 y 30 a 60 0 a 20, 20 a 40 ó 40 a 60 | 1 mes previo a la floración, tomar muestra en un radio de 50 cm al árbol. |
| Cultivos de siembra directa Para estudios de rutina Para estudios detallados | Tres capas 0 a 5 cm 5 a 10 cm y de 10 a 20 cm | Para estudios de rutina se puede muestrear de 0 a 5 cm y de 5 a 10 cm |
| SUELOS SUPERFICIALES EN LADERAS | | |
| Cultivos anuales de siembra directa. Para manejo de fertilidad | 0 a 10 | Dividir el lote en áreas uniformes |
| Cultivos de hortalizas con labranza manual | 0 a 10 | Tomar muestra de bancal |
| Pastura en potrero | 0 a 10 | |
| Cultivos perennes, frutales y árboles | 0 a 15, 15 a 30 y 30 a 50 | Únicamente considerar suelo no roca. |

Fuente: Mendoza, R. & Espinoza, A. (2017, p. 18)

Recomendaciones para hacer un buen muestreo

1. Cuando realice el muestreo evite los siguientes lugares:
 - A orillas de cercas o caminos.
 - Donde se carga o descarga ganado, fertilizantes u otros agentes químicos.
 - Donde se acumulan materiales vegetales o estiércol.
 - Donde se haya quemado recientemente
 - En canales, zanjas o cortes de carretera.
2. Las muestras no deben empacarse en bolsas que hayan sido usadas con fertilizantes o sustancias químicas.
3. No se debe dejar caer cenizas de cigarrillo al manipular las muestras;
4. Evitar los días lluviosos para recolección, esperar al menos 2 o 3 días después de la lluvia
5. Se debe procurar que las muestras de suelo lleguen al laboratorio en doble bolsa plástica sellada y marcada, la identificación debe ir en medio de las dos bolsas.

3. Material y equipo.

| |
|--|
| 1 azadón 1 pala plana, normal o tipo Coa 1 cubeta plástica 4 bolsas plásticas 1 pesa 1 lapicero 1 boleta de identificación – página 13 - 2 metros cuadrados de nylon grueso. 1 mazo o martillo. 1 rastrillo pequeño (de jardinería) o normal. 1 teléfono inteligente con aplicación para GPS. 1 tamiz de 2 mm |
|--|

4. Pre - procedimiento:

- a. Imprimir hoja de reporte de la práctica 0. (páginas 12, 13 y 14)
- b. Escoger un espacio homogéneo de terreno, (mismo sistema de cultivo, igual manejo agronómico, historial de uso de suelo idéntico, pendiente, orientación al sol, características físicas visibles como pedregosidad, color de suelo y porosidad). El área no debe de exceder a media hectárea de terreno, ni debe ser menor a 400 metros cuadrados para que tenga representatividad en los análisis de laboratorio.
- c. Según las condiciones del terreno elegir el diseño de muestreo que mejor se adapte para poder tomar las submuestras.
- d. Dibujar un croquis del terreno y ubicar los puntos en donde se tomarán las muestras, mínimo deben ser 6 submuestras.

5. Procedimiento

- a. Limpiar con agua las herramientas a utilizar, estas no deben de incluir ninguna sustancia que altere las propiedades del suelo, por ejemplo, no deben de tener residuos de cal, abonos u otros suelos labrados anteriormente.

- b. Limpiar aproximadamente un cuadrado de 50 cm de cada lado de la superficie del terreno con el machete y azadón en cada punto para eliminar los residuos frescos de materia orgánica u otros contaminantes artificiales, el resultado debe ser el suelo desnudo.
- c. Usar la pala plana, normal o tipo Coa para realizar la excavación. la profundidad de la muestra debe ser según el cuadro en donde se recomienda según el uso de la tierra y las condiciones topográficas.
- d. La muestra simple debe ser depositada en el bote de plástico previamente limpio.
- e. Recorrer el terreno según el diseño previamente realizado y tomar seis o más muestras repitiendo los pasos a, b y c.
- f. Pesar la muestra, para el proceso del laboratorio se necesitará un total de 2 kilogramos o 5 libras de suelo.
- g. Tomar coordenadas geográficas del centro de la parcela o terreno en donde se extrajeron las muestras (para este procedimiento puede descargar y usar cualquier aplicación disponible para teléfonos inteligentes. Utilizar proyección WGS 84)
- h. Llenar hoja de reporte de práctica 0. (páginas 12,13 y 14).

6. Post procedimiento

- a. Buscar un lugar seco, techado y preferiblemente al interior de un cuarto, extender el nylon grueso y vaciar las muestras recolectadas en campo, revolverlas con ayuda de un azadón.
- b. Eliminar todo residuo de materia orgánica visible, (raíces, hojas, hojarasca, etc.) y cualquier elemento pesado que no sea suelo (piedras y/o desechos sólidos) para este objetivo se puede auxiliar del rastrillo.
- c. Desmenuzar los terrones que pueden estar presentes en la muestra del suelo, puede utilizar para este procedimiento el martillo, no triturar piedras pequeñas, es preferible sacarlas de la muestra, a los terrones solo es necesario dividirlos para no dañar los posibles minerales que contengan.
- d. Con la ayuda de dos o más personas levantar el nylon usando los cuatro extremos para unirlos y revolver la muestra para homogenizarla lo mejor posible.
- e. Devolver el nylon al lugar original y extender la muestra lo mejor posible para formar una capa de al menos dos o tres centímetros de grosor, dejar reposar durante cinco o más días.
- f. Pasado los días la muestra debe estar seca, separe primero la tierra fina, todas las partículas de menos de 2 mm; para ello use un tamiz de 2 mm para eliminar las partículas mayores como la grava y las piedras. La tierra fina es una mezcla de arena, limo y arcilla. Para realizar los ensayos de campo siguientes asegúrese de utilizar sólo tierra fina.
- g. El suelo tamizado se empacará en cinco bolsas individuales que contengan el mismo peso; las bolsas se rotularán con numeración para identificarlas en el laboratorio. (usar boleta pág. 15)

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 0

| | | | |
|--|---|---|--|
| 1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO | | FECHA: | |
| Departamento: | Nombre del recolector: | Coordenadas: Longitud (WGS84): Latitud (WGS84): | |
| Municipio: | | | |
| Localidad: | | | |
| 2. INFORMACIÓN DEL SUELO | | | |
| Zona de vida | Humedad del suelo (baja, media, alta) | | |
| Pendiente % | Clima al momento de tomar la muestra | | |
| Temperatura Media Anual | Biota del suelo (insectos, lombrices, etc.) | | |
| Precipitación Media Anual | | | |
| 3. MANEJO ACTUAL | | | |
| Sistema de cultivos o uso actual de suelo (Rotaciones, cultivos de cobertura, etc.) | | | |
| Fertilizantes/pesticidas (insumos de N, uso de pesticidas, etc.) | | | |
| Labranza/ cobertura de residuos | | | |
| Tipo de cultivo, profundidad, frecuencia, % de cobertura, etc. | | | |
| Riego (pivote, gravedad, goteo, etc.) Frecuencia (tiempo) | | | |
| Otros | | | |
| 4. HISTORIA DE MANEJO EN EL PASADO | | | |
| Sistemas anteriores (Rotaciones, cultivos de cobertura, cambio de uso, etc.) | | | |
| Fertilizantes/pesticidas (insumos de N, uso de pesticidas, etc.) | | | |
| Labranza/ cobertura de residuos | | | |
| Riego (pivote, gravedad, goteo, etc.) | | | |
| 5. EVENTOS INUSUALES | | | |
| (inundaciones, fuego, nivelaciones de terrenos, etc.) | | | |
| 6. CROQUIS | | | |

[illegible]

FASE PROCEDIMIENTO:

FASE POST PROCEDIMIENTO



IMPORTANTE:



Las hojas de reporte de la práctica 0 y la presentación de las muestras serán entregadas el primer día de laboratorio.



BOLETA DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA


| LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA | |
|---|---|
| Número de muestra | Nombre del recolector: |
|  |  |
| Sede: | No. de grupo: |

| LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA | |
|--|---|
| Número de muestra | Nombre del recolector: |
|  |  |
| Sede: | No. de grupo: |

| LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA | |
|--|--|
| Número de muestra | Nombre del recolector: |
|  |  |
| Sede: | No. de grupo: |

| LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA | |
|---|--|
| Número de muestra | Nombre del recolector: |
|  |  |
| Sede: | No. de grupo: |

| LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA | |
|---|---|
| Número de muestra | Nombre del recolector: |
|  |  |
| Sede: | No. de grupo: |

| LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA | |
|--|---|
| Número de muestra | Nombre del recolector: |
|  |  |
| Sede: | No. de grupo: |

PRÁCTICA No. 1

TEXTURA DEL SUELO

1. Propósito de la práctica

- 1.1. Identificar los tipos de la textura del suelo por medio del tacto.
- 1.2 Realizar cuatro métodos para determinar la textura del suelo, aplicables tanto en campo como en laboratorio.
- 1.3 Determinar si el suelo es arcilloso, limoso o arenoso con el fin de comprender las características intrínsecas que conlleva en el campo la estructura del suelo.

2. Marco Teórico.

Definición de la textura del suelo

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. (FAO,2024)

- **Arcillas:** Las arcillas son estructuras cristalinas que presentan bordes quebrados, en los cuales se desarrolla la carga eléctrica. El separado más importante es la arcilla, que corresponde a partículas muy pequeñas, de un diámetro inferior a 0,002 mm, lo que le confiere propiedades coloidales. Esta es la propiedad más relevante de las arcillas, debido a que determina una enorme superficie específica, es decir, una gran área por unidad de masa (m^2/g).
- **Limos:** son partículas de tamaño intermedio, que varían entre 0,002 y 0,05 mm de diámetro, es decir, algunos de ellos, especialmente los muy pequeños, pueden presentar cierta carga eléctrica, aunque, en general, no la tienen. Esta característica los hace muy poco deseables, debido a que evita que se floclen, es decir, las partículas de suelo forman agregados o estructuras. Se puede afirmar que los suelos limosos son lo más complicados de manejar, debido a que se apelmazan con facilidad y es que el movimiento del agua es lento, lo que genera que sean muy poco aireados. De hecho, en muchos casos se da que algunos suelos limosos son difíciles de manejar en cuanto al riego, lo que a su vez genera que las raíces sufran por falta de oxígeno. El talco y los carbonatos son partículas con carácter limoso, muy finas y poco pegajosas. Las partículas de limo tienden a ser irregulares, distintas en forma y rara vez lisas o pulidas. Son, en su mayoría, partículas microscópicas, siendo el cuarzo en muchos casos el mineral dominante. La fracción limo posee alguna plasticidad, cohesión y adsorción, debido a una película de arcilla que recubre las partículas de la fracción, aunque en mucho menor grado que la propia fracción de arcilla.
- **Arena:** Entre las arenas se pueden distinguir las gruesas, las finas y las de tamaño intermedio. Generalmente se presentan en suelos muy cercanos a la caja de los ríos. Los suelos arenosos son secantes, de gran permeabilidad, aunque esto dependerá del grado de finura de la arena. Las más finas igualmente se compactan y pueden presentar baja velocidad de infiltración. En muchos suelos aluviales de la zona central se presentan estratos arenosos en profundidad, que modifican el movimiento del agua en el perfil. Sin embargo, los estratos de arcilla o limo son más perjudiciales, debido a que generan napas colgadas, que afectan el arraigamiento más uniforme de los frutales. En la actualidad, los suelos arenosos o franco arenosos no presentan grandes dificultades para manejar bien el riego. El problema son los suelos arcillosos, especialmente los manejados con frutales, debido a que se compactan con facilidad. Esto, a su vez, lleva a que los rendimientos de frutales sean normalmente bajos, debido al escaso desarrollo radicular

generado en algunos casos por el gran volumen de agua que debe ser aplicado para mojar el suelo en profundidad.

(Ruiz, N. 2018)

3. Materiales y Equipo

| Cristalería y Equipo | Reactivos y materiales |
|-------------------------------|--|
| 1 piseta | Agua |
| 1 balanza | Muestra de suelo previamente identificada (práctica 0) |
| 1 Beaker de 500 mL (plástico) | Botella de plástico 600 ml.** |
| 1 tamiz de 2 mm** | Nylon grueso m ² ** |
| | Regla de 30 cm. ** |

** Este material debe ser proporcionado por el estudiante.

4. Procedimiento

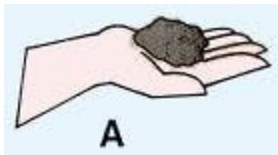
Procedimientos generales:

- Utilizar una muestra previamente identificada de la práctica 0.
- Extender el nylon para cubrir la superficie de la mesa asignada en el laboratorio.
- Para conocer la textura de una muestra de suelo, separe primero la tierra fina, todas las partículas de menos de 2 mm; para ello use el tamiz de 2 mm para eliminar las partículas mayores como la grava y las piedras. La tierra fina es una mezcla de arena, limo y arcilla. Para realizar los ensayos de campo siguientes asegúrese de utilizar sólo tierra fina. (FAO, 2024)

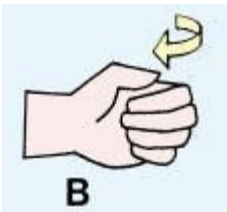


4.1. Prueba de desmenuzamiento en seco:

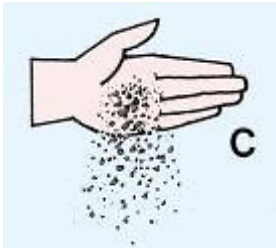
- Tome una muestra pequeña de suelo seco en la mano (A);



- Desmenúcela entre los dedos (B)



- Si ofrece poca resistencia y la muestra se pulveriza (C), el suelo es arena fina o arenoso franco fino o contiene muy poca arcilla;

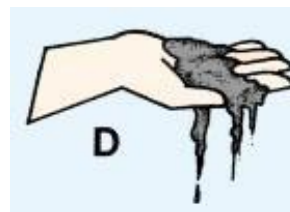


- Si la resistencia es media (D), es arcilloso limoso o arcilloso arenoso;



- d. Si el suelo no mantiene la forma de la mano (D), es que contiene demasiada arena.

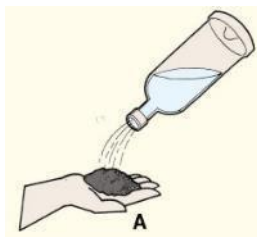
- e. Si ofrece gran resistencia (E), es arcilla



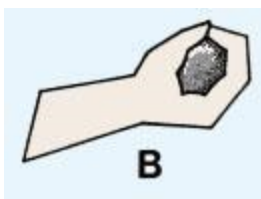
(FAO, 2024)

4.2. Prueba de compresión de la bola

- a. Tome una muestra de suelo y humedezca un poco (A) hasta que comience a hacerse compacta sin que se pegue a la mano;



- b. Oprima con fuerza (B), y abra la mano.

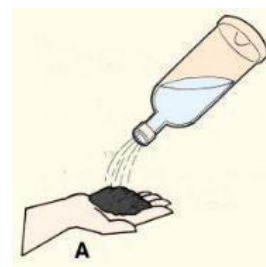


- c. Si el suelo mantiene la forma de su mano (C), probablemente contenga la arcilla suficiente para ser utilizadas en estructuras con gran porcentaje de impermeabilidad;

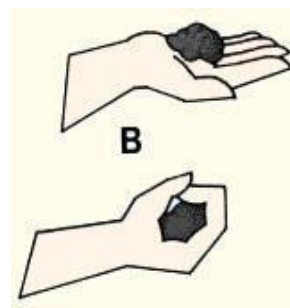


4.3. Prueba de sacudimiento de la bola

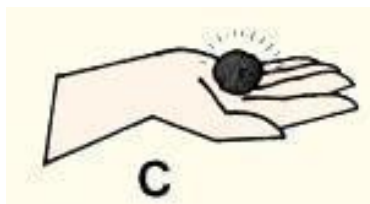
- a. Tome una muestra de suelo y mójela bien (A);



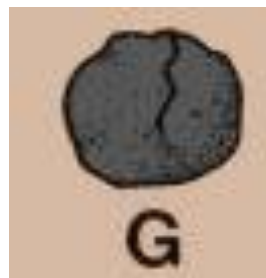
- b. Forme una bola de 3 a 5 cm de diámetro (B);



- c. Coloque la bola en la palma de la mano; verá que brilla (C);

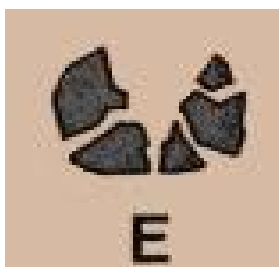


- d. Sacúdala rápidamente de un lado a otro (D), y observe la superficie de la bola.

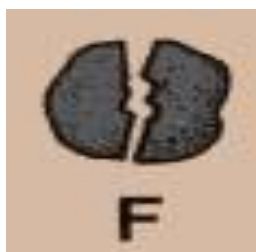


(FAO, 2024)

- e. Si la superficie de la bola se opaca rápidamente y puede romperla fácilmente entre los dedos (E), el suelo es arenoso o arenoso franco;



- f. Si la superficie de la bola se opaca más lentamente y ofrece alguna resistencia al romperla entre los dedos (F), es limoso o franco arcilloso;

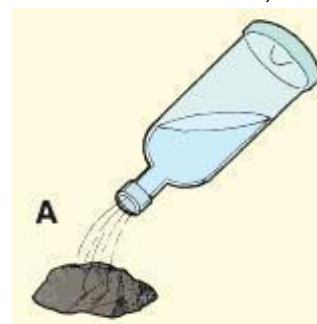


- g. Si la superficie de la bola no cambia y ofrece resistencia al romperla (G), es arcilloso o arcilloso limoso.

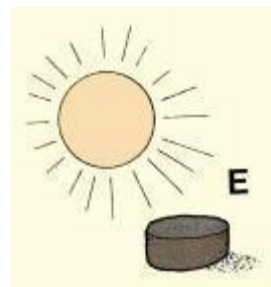
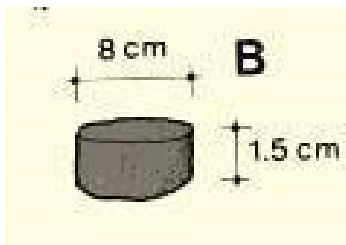
4.4. Prueba de sacudimiento: como diferenciar la arcilla del limo.

Es muy importante poder conocer la diferencia que existe entre estos dos suelos porque tal vez tengan un comportamiento muy distinto cuando se emplean como material de construcción para presas o diques, donde el limo quizás no tenga suficiente plasticidad. Los suelos limosos pueden tornarse muy inestables cuando se mojan, mientras que la arcilla es un material de construcción muy estable.

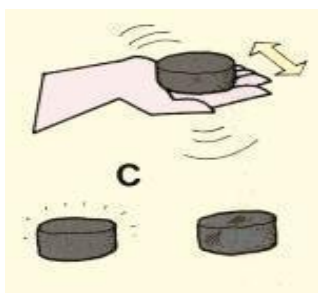
- a. Tome una muestra de suelo; mójela bien



- b. Moldee una masa de unos 8 cm de diámetro y, aproximadamente, 1,5 cm de espesor (B). Coloque la masa en la palma de la mano; se ve opaca;



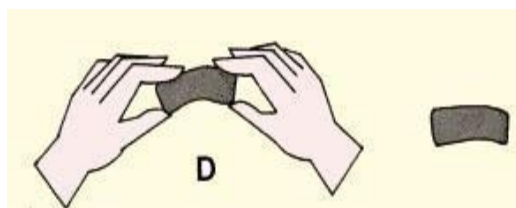
- c. Sacuda la masa de lado a lado, a la vez que observa su superficie (C); Si la superficie se ve brillante, es limo; Si la superficie se ve opaca, es arcilla.



- f. Si es quebradiza y suelta polvo al frotarla entre los dedos (F), es limo;



- d. Confirme este resultado doblando la masa entre sus dedos (D); Si la superficie se opaca de nuevo, es limo;



- g. Si es firme y no suelta polvo al frotarla entre los dedos (G), es arcilla.



- e. Deje reposar la masa hasta que esté totalmente seca (E).

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 1 GRUPO NO. _____

| No. | Apellidos, Nombres | Carnet | Sede |
|-----|--------------------|--------|------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

Cuadro resumen de resultados

| Prueba | Resultados | | | Observaciones |
|---|------------|------|-------|---------------|
| | Arcilla | Limo | Arena | |
| Desmenuzamiento en seco | | | | |
| Compresión de la bola | | | | |
| Sacudimiento de la bola | | | | |
| Sacudimiento para diferenciar la arcilla del limo | | | | |

Ejercicio:

Explore el área aledaña y recolecte suelos con alto porcentaje de arcilla, limo y arena, para ello deberá hacer la o las pruebas que facilite encontrar cada una de ellas.

Cuestionario:

1. ¿La muestra analizada que tipo predominante de suelo es?
2. ¿Existe alguna relación entre el uso actual del suelo en donde se recolecto la muestra y el tipo predominante del suelo encontrado en el laboratorio?
3. ¿Qué diferencia existe entre la edafología y la geología?
4. ¿Cuál es la diferencia entre suelo y tierra?
5. ¿Cuál es la diferencia entre la roca y el mineral?

HOJA DE TRABAJO NO. 1

1. Dibuje los diferentes horizontes del suelo, indique hasta qué horizonte se extrajeron las muestras de suelo analizadas en el laboratorio, ¿Por qué razón se obtuvieron en esos horizontes?

2. Complete el siguiente cuadro.

| Resultado de pruebas* | Condiciones ambientales de las muestras encontradas | Tipo de textura |
|---|---|---|
| ----- | Cerca de un río | |
| Al dejar secar a un molde cilíndrico de suelo húmedo, este se reafirma y no suelta polvo | ----- | |
| | ----- | arcilloso limoso o arcilloso arenoso |
| Al tomar una muestra en seco y desmenuzarlo con la mano se desintegra fácilmente | ----- | |
| | ----- | Arena |
| ----- | Suelo compacto | |
| Al compactar una muestra húmeda de suelo en la mano y soltarla esta mantiene la forma de la palma de la mano. | ----- | |
| ----- | Suelo resbaloso al estar húmedo | |
| Al mover una bola de suelo húmedo se opaca lentamente y ofrece resistencia al romperse. | ----- | |
| ----- | Suelo brillante a luz natural | |
| | ----- | Arcilloso o arcilloso limoso. |
| Al doblar un molde cilíndrico de suelo húmedo deja de brillar. | ----- | |

*No deben ser pruebas repetidas

3. INFLUENCIA DE LA TEXTURA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Explica cómo influye la textura en:

- Capacidad de retención de agua
- Aireación
- Fertilidad
- Manejo del cultivo
- Riesgo de erosión

4. PREGUNTAS

- ¿Por qué un suelo arenoso suele ser más pobre en nutrientes que uno arcilloso?
- ¿Cómo afecta la textura del suelo a la elección de sistemas de riego en agricultura?
- ¿Qué desafíos presenta un suelo arcilloso para el establecimiento de cultivos?

PRÁCTICA No. 2

GRANULOMETRIA DEL SUELO.

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Identificar y determina el porcentaje de arena, limo y arcilla por el método práctico de la FAO
- 1.2 Desarrollar el método de determinación de textura de un suelo, con el propósito de conocer la clase textural a la que pertenece la muestra.
- 1.3 Identificar y manejar adecuadamente las clases texturales del USDA.

2. Marco Teórico

Introducción

La granulometría del suelo constituye uno de los parámetros fundamentales para caracterizar sus propiedades físicas. Se refiere al **análisis cuantitativo de la distribución de tamaños de las partículas minerales** que conforman un suelo, permitiendo identificar su textura, comportamiento hidráulico, plasticidad y aptitud para usos agrícolas, ambientales y de ingeniería (Brady & Weil, 2017).

El estudio granulométrico es parte esencial en la clasificación taxonómica de suelos, en la evaluación de su calidad y en la predicción de su desempeño mecánico.

Definición y fundamentos

La granulometría se define como la cuantificación relativa de gravas, arenas, limos y arcillas en función de su diámetro efectivo (Gee & Or, 2002). Esta distribución influye en propiedades críticas como conductividad hidráulica, aireación, densidad aparente y retención de agua (Hillel, 2004).

La nueva distribución de tamaños influye directamente en parámetros como:

- **Conductividad hidráulica,**
- **Capacidad de retención de agua,**
- **Porosidad y densidad aparente,**
- **Comportamiento mecánico ante cargas,**
- **Aireación y difusión gaseosa,**
- **Capacidad de intercambio catiónico** (en suelos finos).

Así, la granulometría no sólo es descriptiva, sino que tiene implicaciones funcionales.

Clasificaciones granulométricas

La clasificación USDA es ampliamente utilizada en ciencias del suelo, mientras que los sistemas ASTM y USCS se emplean en ingeniería geotécnica (Das, 2021; Soil Science Division Staff, 2017).

Clasificación USDA (Sector agrícola y edafología)

| Fracción | Diámetro (mm) |
|----------|---------------|
| Grava | > 2.0 |
| Arena | 2.0 – 0.05 |
| Limo | 0.05 – 0.002 |
| Arcilla | < 0.002 |

Esta clasificación constituye la base del **Triángulo Textural**, herramienta internacionalmente aceptada para definir la textura del suelo a partir de las proporciones de arena, limo y arcilla.

- **Método por tacto.**

La textura del suelo se refiere a la distribución de las partículas minerales de arena, limo y arcilla en el suelo. La textura es uno de los más estables atributos del suelo pudiendo sólo ser modificada ligeramente por cultivación y otras prácticas que causan la mezcla de las diferentes capas del suelo.

Utilizar tacto puede ser un método efectivo para deducir el tipo de suelo que se tiene, a base de diferentes pruebas se puede conocer en campo la estructuración del suelo y con ello deducir el porcentaje de arcilla, limo y arena que se tiene; algunas veces este método puede presentar confusiones debido a que su ejecución debe de ser cuidadosamente metódico para llevar a un resultado confiable; Este método da como resultado el nombre específico del tipo de suelo, por lo cual el porcentaje de los materiales dependerá de un análisis posterior. (FAO, 2024)

- **Método de sedimentación.**

Para cuantificar las fracciones texturales existen varios métodos, en general basados en la ley de Stocks. Uno de los métodos para la determinación del contenido de arena, limo y arcilla sin separarlos se basa en el principio de sedimentación, se le conoce como el método de Bouyoucos, y ha sido adoptado por la mayoría de los laboratorios de análisis de suelo.

La determinación de la textura en el laboratorio se basa en la medición de la velocidad de sedimentación de las partículas dispersas en el agua. Las partículas grandes se sedimentan con mayor rapidez que las partículas pequeñas; esto es porque las partículas más grandes tienen menos área específica y, por lo tanto, menos flotabilidad que las partículas más pequeñas. La ley de Stokes (1851) se utiliza para expresar la relación. En ella se estipula que la resistencia ofrecida por el líquido a la caída de la partícula varía con el radio de la esfera y no con la superficie. La velocidad de caída de las partículas con la misma densidad en un determinado líquido aumenta con el cuadrado del radio. (SENA, 2013)

- **Curva granulométrica**

La curva granulométrica es la representación gráfica del **porcentaje acumulado que pasa** por cada tamiz en función del tamaño de partícula.

La curva granulométrica, según Das (2021), permite evaluar la gradación del material y sus implicaciones mecánicas, como permeabilidad y compactación.

Una curva suave y continua indica un suelo **bien graduado**, mientras que una curva con rupturas refleja una distribución deficiente.

- **Interpretación.**

La clase textural ubica al suelo en un área dentro de un diagrama triangular basado en la distribución de arena, limo y arcilla en el suelo. La textura es una característica importante porque influencia la fertilidad y ayuda a determinar la velocidad de consumo de agua, el almacenaje de agua en el suelo, la favorabilidad y la amplitud de aireación.

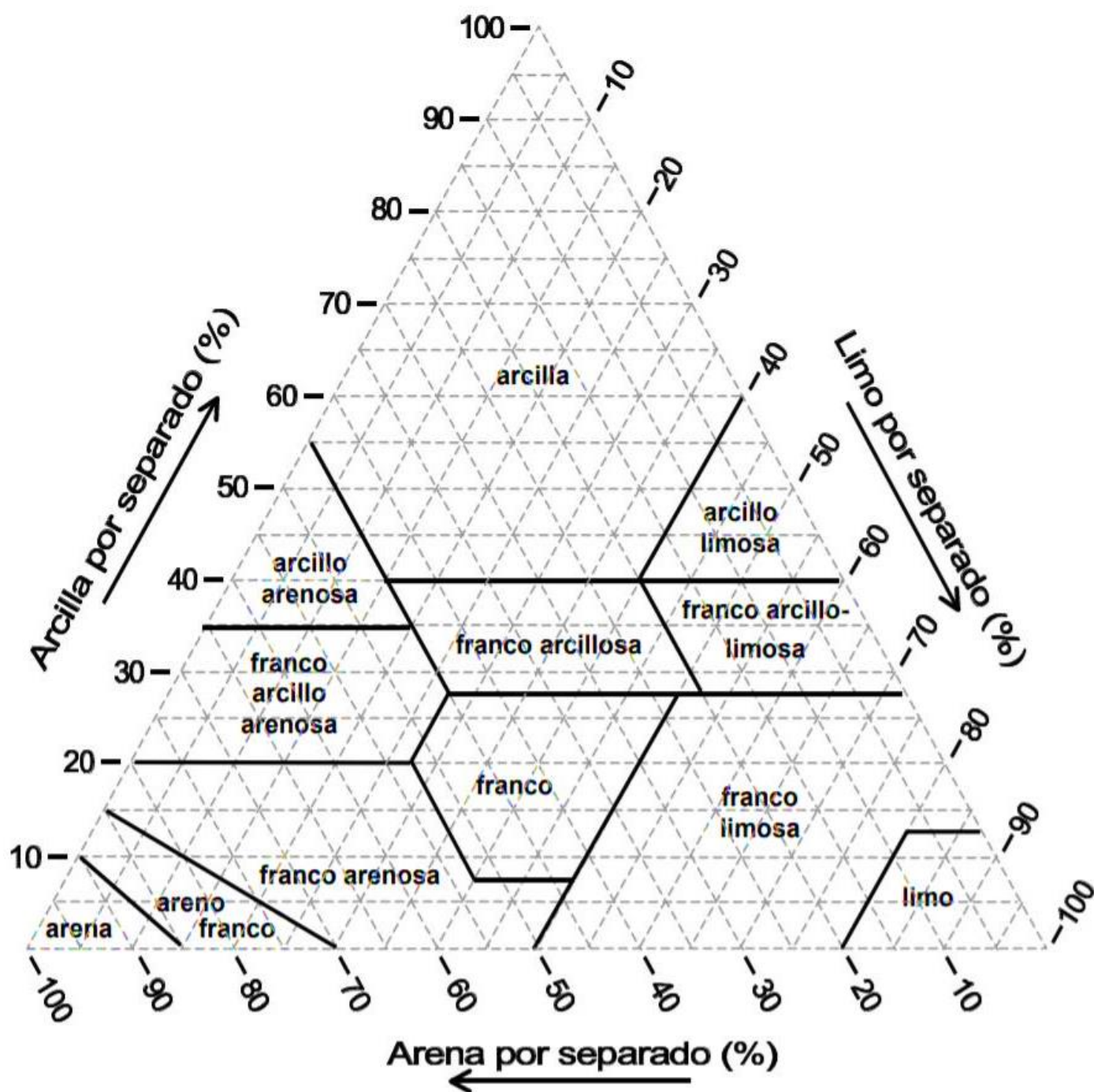


Figura 5. Triángulo textural del suelo mostrando los porcentajes de arcilla, limo y arena de las clases texturales.
Fuente: (USDA Departamento de Agricultura EE UU, 1999)

En ocasiones es necesario conocer algunas de las variables hidrofísicas del suelo más comunes, sin embargo, no se cuenta con estos datos a nivel de laboratorio. Dichos parámetros pueden ser estimados de manera gruesa a partir de la información textural de los suelos, generalmente disponible en los Distritos de riego. Algunos autores proponen la utilización de curvas que son función de estos parámetros. A continuación, se muestran los triángulos de textura para determinar los principales parámetros con fines de riego, dichos triángulos son propuestos por Fuentes, 1996 y son adaptados de Rawls y Brakensiek, 1983.

- **Triángulo para determinar la porosidad de un suelo**

Con la siguiente gráfica es posible estimar de manera gruesa el valor de la porosidad, conociendo el porcentaje de arena y arcilla que existe en un suelo. Por ejemplo, si el suelo tiene un 59% de arcilla y un 42% de arena, el punto de unión queda en el valor de 0.45; si lo multiplica por 100 expresa la porosidad como 45%. Otro ejemplo, si el suelo tiene un 30% de arcilla y un 56% de arena, la porosidad queda entre las curvas de 0.40 y 0.45, utilizando la aproximación el valor de porosidad sería de 0.42 – 0.43.

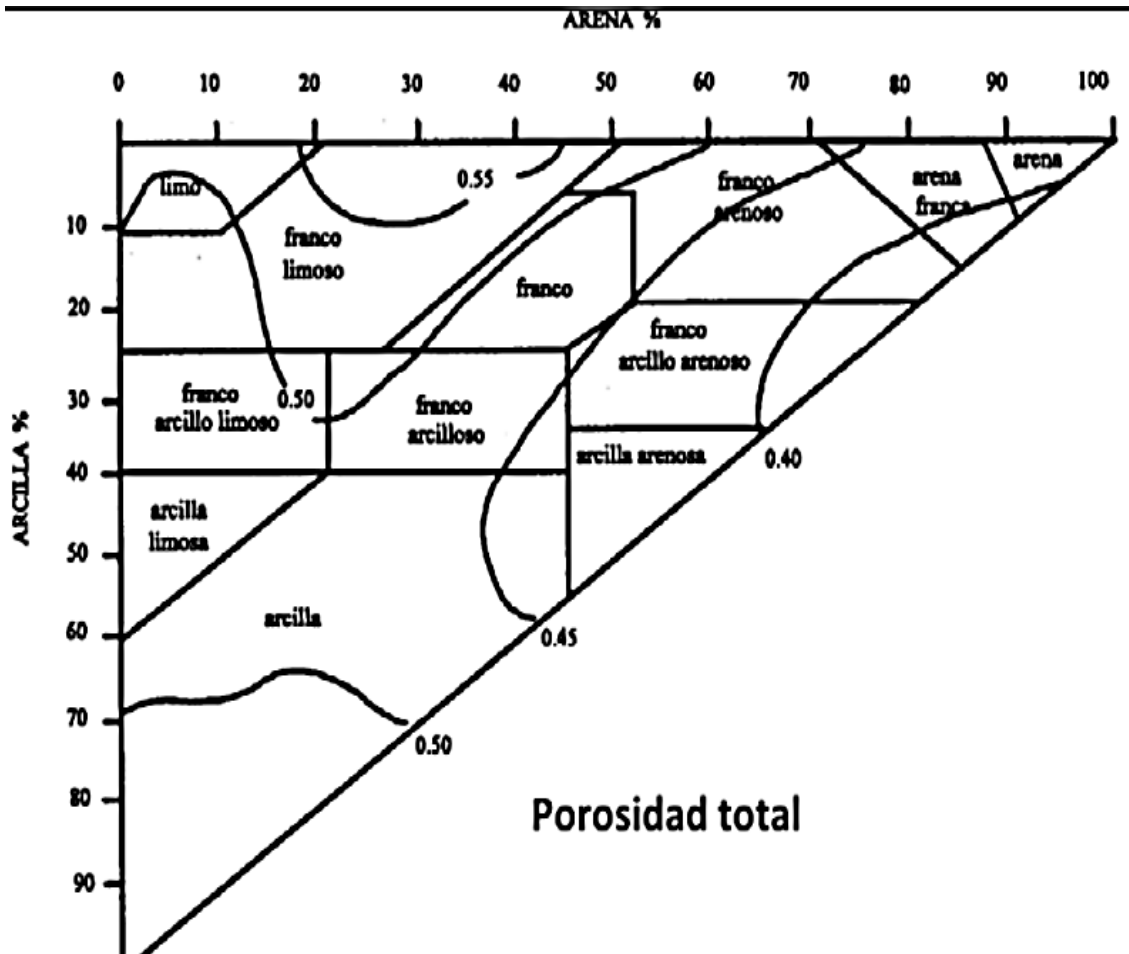


Figura 6. Triángulo para determinar porcentaje de porosidad del suelo.

El mismo procedimiento se utiliza para determinar el resto de los parámetros:

- Triángulo para determinar el contenido de humedad a capacidad de campo

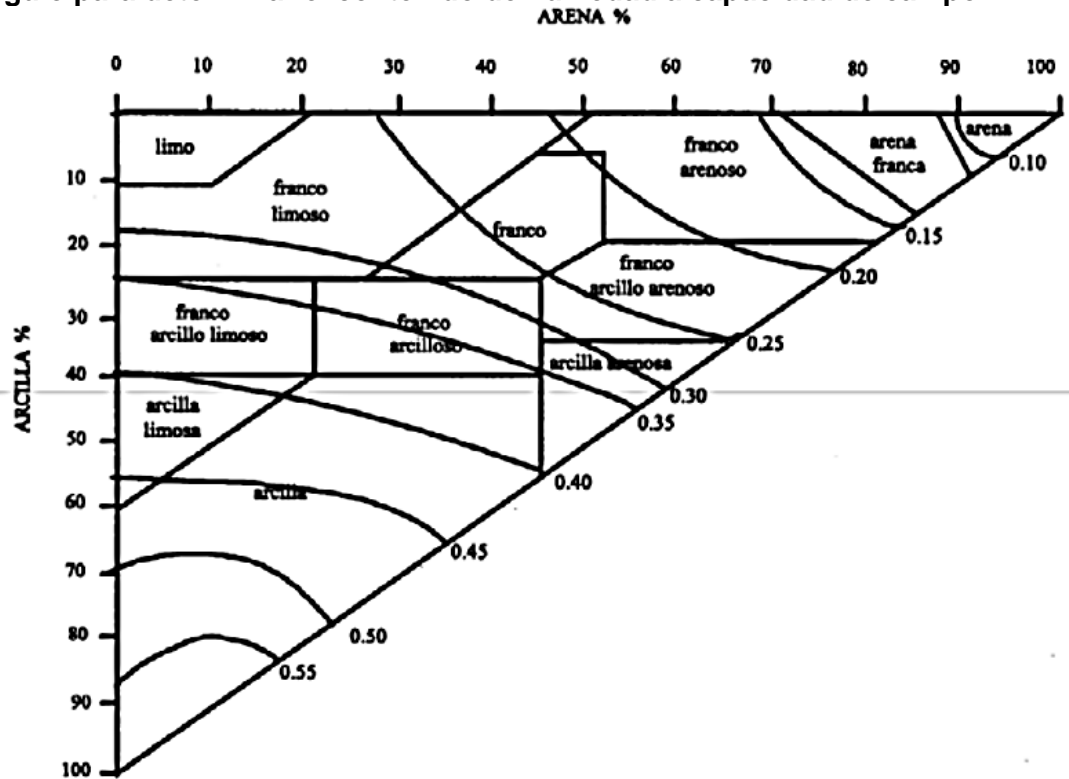


Figura 7. Triángulo para determinar el contenido de humedad a capacidad de campo

- Triángulo para determinar el contenido de humedad a punto de marchitamiento permanente.

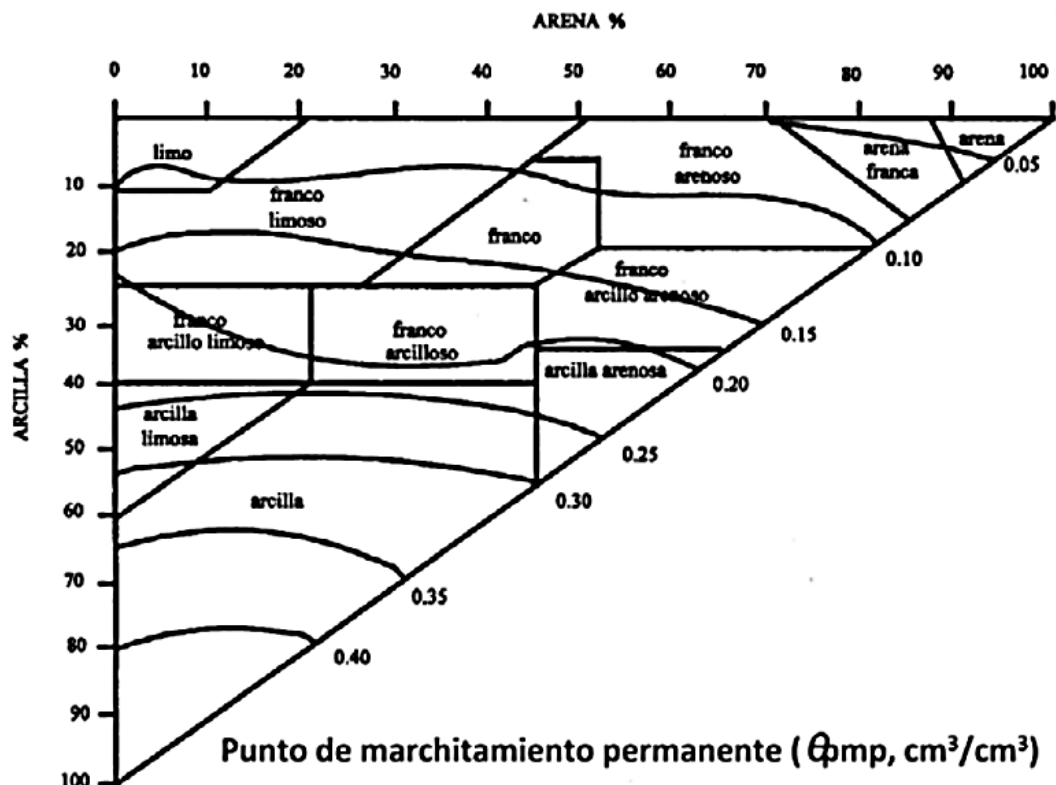


Figura 8. Triángulo para determinar el contenido de humedad a punto de marchitamiento permanente.

5. Material y Equipo:

| Cristalería y Equipo | Reactivos y materiales |
|-------------------------------|---|
| 1 piseta | Agua |
| 1 balanza | Muestra de suelo previamente identificada (práctica 0) ** |
| 1 Beaker de 500 mL (plástico) | Botella de plástico 600 ml. ** |
| 1 tamiz de 2 mm. | Nylon grueso 2 m ² ** |
| 1 varilla de vidrio | Regla de 30 cm. ** |
| | Frasco de vidrio con tapadera. ** |
| | Vara de 30** |

** Este material debe ser proporcionado por el estudiante.

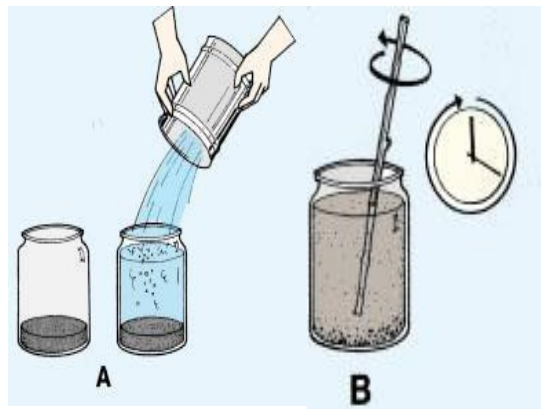
Nota: El frasco de vidrio debe estar en el rango de 15 a 20 cm de alto, con un diámetro de 10 cm, la base debe ser lisa, sin efectos bordeados, (ver figuras ilustrativas en donde se usará)

4. Procedimiento.

Procedimientos Generales

- Utilizar una muestra previamente identificada de la práctica 0.
- Extender el nylon para cubrir la superficie de la mesa asignada en el laboratorio.
- Separe primero la tierra fina de todas las partículas de menos de 2 mm; para ello use el tamiz de 2 mm para eliminar las partículas mayores como la grava y las piedras.

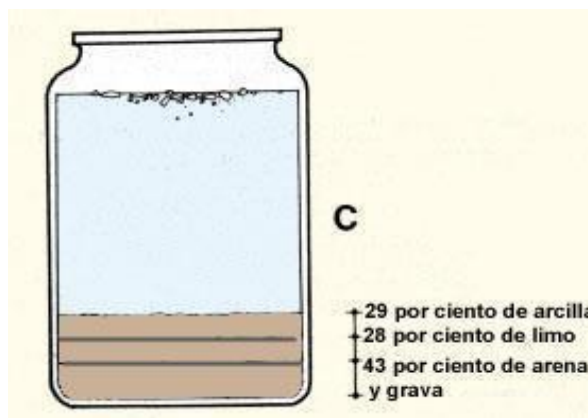
Prueba por sedimentación (método práctico de la FAO).



- Llenar el 25% del frasco de vidrio con tierra, con la ayuda de una vara acomodar el material sin compactar excesivamente; seguidamente llene el 90% de la botella con agua (A).
- Agítela con la vara de manera circular (B), luego cierre el frasco y agite enérgicamente de arriba abajo (5 minutos como mínimo.); déjela reposar durante una hora. Transcurrido este tiempo, el agua estará transparente y observará que las partículas mayores se han sedimentado;
- Mida la profundidad de la arena, el limo y la arcilla y calcule la proporción aproximada de cada uno (C).

d. Observar:

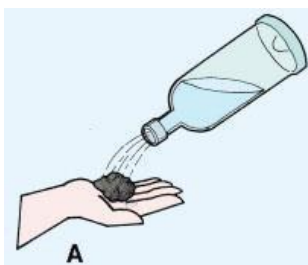
- ✓ En el fondo hay una capa de arena;
- ✓ En el centro hay una capa de limo;
- ✓ En la parte superior hay una capa de arcilla.
- ✓ Si el agua no está completamente transparente ello se debe a que parte de la arcilla más fina está todavía mezclada con el agua;
- ✓ En la superficie del agua pueden flotar fragmentos de materia orgánica;



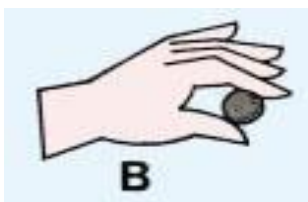
Prueba por tacto (método 1)

La prueba de manipulación le da una idea mejor de la textura del suelo. Esta prueba se debe realizar exactamente en el orden que se describe más adelante, porque, para poder realizar cada paso, la muestra deberá contener una mayor cantidad de limo y arcilla.

1. Tome una muestra de suelo (A); mójela un poco en la mano hasta que sus partículas comienzan a unirse, pero sin que se adhiera a la mano;



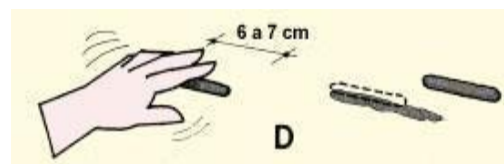
2. Realice un amasado de la muestra de suelo hasta que forme una bola de unos 3 cm de diámetro (B);



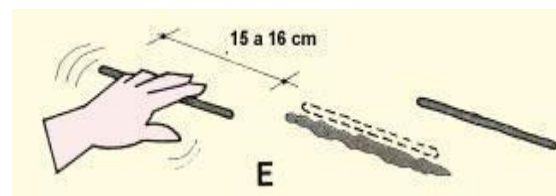
3. Deje caer la bola (C); Si se desmorona, es arena, si mantiene la cohesión, prosiga con el siguiente paso.



4. Amase la bola en forma de un cilindro de 6 a 7 cm, de longitud (D), si no mantiene esa forma, es arenoso franco. Si mantiene esa forma, prosiga con el siguiente paso.



5. Continúe amasando el cilindro hasta que alcance de 15 a 16 cm de longitud (E); si no mantiene esa forma es franco arenoso. Si mantiene esa forma, prosiga con el siguiente paso.



6. Trate de doblar el cilindro hasta formar un semicírculo (F); si no puede, es franco. Si puede, prosiga con el siguiente paso.



7. Siga doblando el cilindro hasta formar un círculo cerrado (G). Si no puede, es franco pesado. Si puede, y se forman ligeras grietas en el cilindro, es arcilla ligera. Si puede hacerlo sin que el cilindro se agriete, es arcilla.



FAO (2024)

Prueba por tacto (método 2)

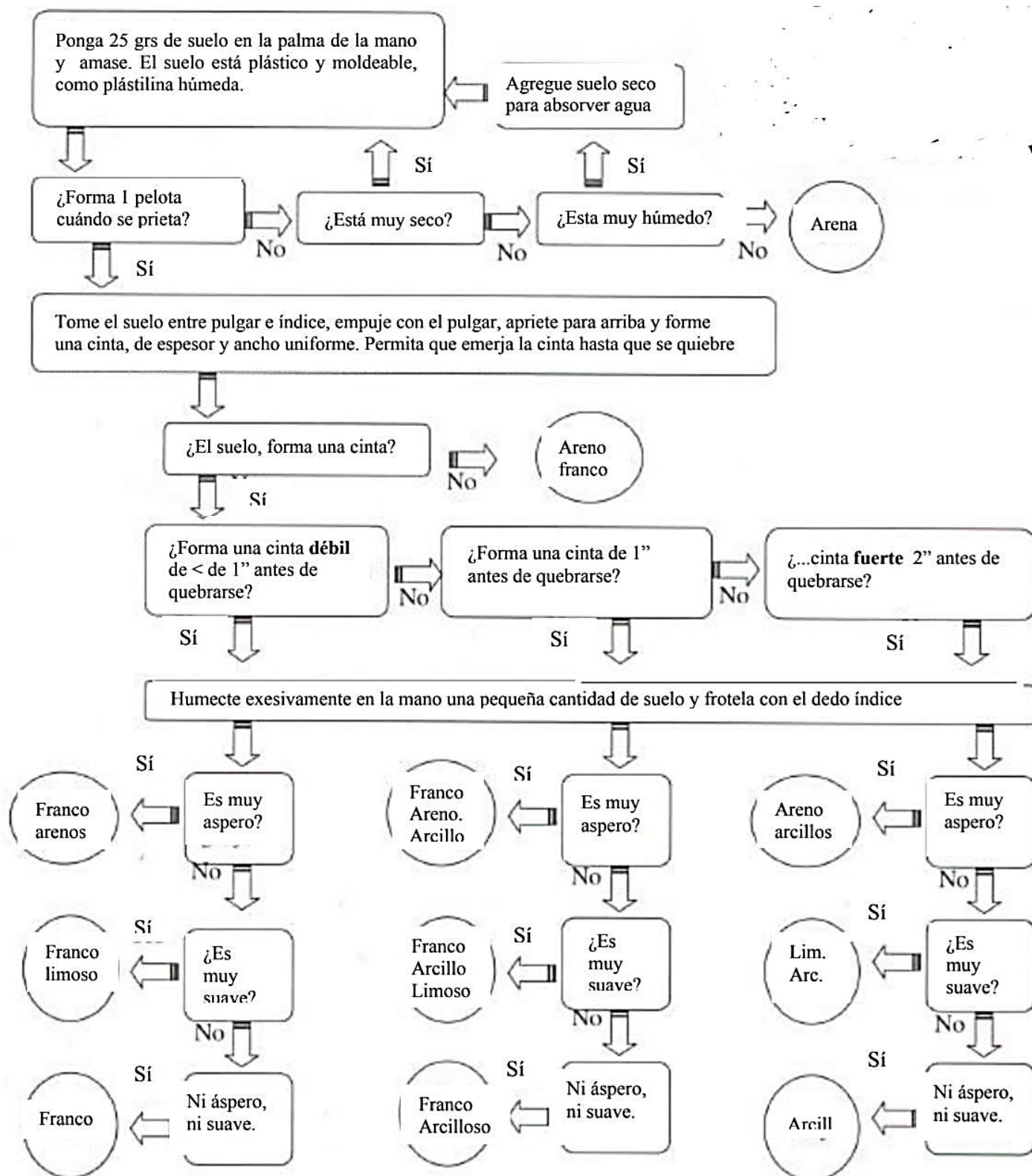


Figura 9. Método de tacto USDA
Fuente: (USDA, 1999)

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 2 GRUPO NO. _____

| No. | Apellidos, Nombres | Carnet | Sede |
|------------|---------------------------|---------------|-------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

Cuadro resumen de resultados

| Prueba | Porcentaje | | | Clase textural | Características | | |
|---------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------------|------------------------|-------------|---------------|
| | Arcilla | Limo | Arena | | Poros. | C.C. | P.M.P. |
| Por sedimentación | | | | | | | |
| Por tacto, método 1 | | | | | | | |
| Por tacto, método 2 | | | | | | | |
| Promedio | | | | | | | |

Cuadro comparativo entre grupos.

| No. de muestra* | Porcentaje** | | | Clase textural | Características | | |
|------------------------|---------------------|-------------|--------------|-----------------------|------------------------|-------------|---------------|
| | Arcilla | Limo | Arena | | Poros. | C.C. | P.M.P. |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

*El número de muestra es el mismo que el número de grupo asignado

**Promedio del resultado

Cuestionario:

1. ¿Por qué es importante conocer la textura del suelo?
2. ¿Cuál es el principal objetivo de la determinación de textura?
3. Defina la porosidad, capacidad de campo y punto de marchitez permanente
4. ¿Qué utilidad tiene la información de la textura de un suelo?
5. ¿Existen clases texturales diferentes en los otros grupos?, de ser así ¿Cuáles podrían ser las razones

HOJA DE TRABAJO NO. 2

Instrucciones: Complete el siguiente cuadro con la información faltante. Utilizando los triángulos de textura, porosidad, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

| No. de muestra | Porcentaje | | | Clase textural | Características | | |
|----------------|------------|------|-------|-----------------|-----------------|------|--------|
| | Arcilla | Limo | Arena | | Poros. | C.C. | P.M.P. |
| Ejemplo | 35 | 15 | 50 | Arcillo arenoso | 43 | 30 | 21 |
| 1 | 30 | 45 | | | | | |
| 2 | 39 | | 22 | | | | |
| 3 | | 76 | 10 | | | | |
| 4 | 47 | | 40 | | | | |
| 5 | | 36 | 45 | | | | |
| 6 | 25 | 48 | | | | | |
| 7 | | 20 | 15 | | | | |
| 8 | 12 | 48 | | | | | |
| 9 | 40 | | 46 | | | | |
| 10 | 10 | 30 | | | | | |
| 11 | 47 | | 26 | | | | |
| 12 | 37 | | 28 | | | | |
| 13 | | 41 | 32 | | | | |
| 14 | 26 | 8 | | | | | |
| 15 | | 30 | 44 | | | | |
| 16 | | 40 | 5 | | | | |
| 17 | 3 | | 59 | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | 20 | 55 | | | | |
| 20 | 60 | 10 | | | | | |
| 21 | 10 | | 70 | | | | |
| 22 | | 48 | 50 | | | | |
| 23 | 54 | 19 | | | | | |
| 24 | 24 | | 35 | | | | |

Ejercicio de Clasificación con el Triángulo Textural

Con los siguientes porcentajes de partículas, clasifica la textura del suelo utilizando el triángulo USDA:

1. **60% arena – 10% arcilla – 30% limo** → _____
2. **20% arena – 45% arcilla – 35% limo** → _____
3. **75% arena – 15% limo – 10% arcilla** → _____
4. **32% arena – 33% limo – 35% arcilla** → _____

PRÁCTICA No. 3

COLOR DE SUELO SEGÚN MÉTODO MUNSELL.

1. Propósitos de la práctica:

- 1.1 Identificar, clasificar y comprender el tipo de color del suelo mediante el Sistema de Notación Munsell.
- 1.2 Determinar el color de las muestras de suelo en seco y húmedo por comparación con Sistema de Notación Munsell.
- 1.3 Interpretar las características físicas, químicas y biológicas relacionadas con el color del suelo.

2. Marco Teórico:

El color del suelo ayuda considerablemente a identificar el tipo de suelo en el campo o laboratorio, también indica la oxidación o reducción química en el suelo, pasada o presente de la piedra original debido a la erosión.

El color puede oscurecerse con la materia orgánica, adquirir un color amarillo, marrón o rojo ante la presencia de óxidos férricos y puede adquirir un color negro debido al manganeso y otros óxidos; los horizontes del suelo y subsuelos pueden ser reconocidos por las variaciones en el color. Para describir lo anteriormente expuesto, se usa la tabla Munsell de suelos.

El suelo refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de oxidorreducción del suelo a través de colores. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de fierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental.

El color del matiz del suelo de cada horizonte se debe registrar en condiciones de humedad (o en ambas condiciones, seco y húmedo cuando fuera posible) usando las notaciones para matiz, valor y croma como se da en la Carta o en Tabla de Colores de Suelo Munsell (Munsell, 1975). Por eso hablaremos del matiz de los suelos. (Castro, C., 2018)

●Matiz

El matiz es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta); el valor es la claridad u oscuridad de los rangos de color de 1 (oscuro) a 8 (claro); y el croma es la pureza o fuerza del rango de color desde 1 (pálido) a 8 (brillante). Cuando no haya un color de suelo matriz dominante, el horizonte se describe como moteado y se dan dos o más colores.

Además de las notaciones de color, se pueden dar los nombres de colores estándar Munsell. Para descripciones de rutina, se deben determinar los colores del suelo sin la incidencia directa de los rayos solares y mediante la comparación de un agregado (ped) recientemente quebrado con la ficha de la Carta de Color de Suelo Munsell. En particular, se describen los colores adicionales. Cuando sea posible, el color del suelo se debe determinar bajo condiciones uniformes. (FAO, 2009).

Sistema Munsell

Descripción:

Matiz= página
Valor= fila
Croma= columna

10 YR 3/2

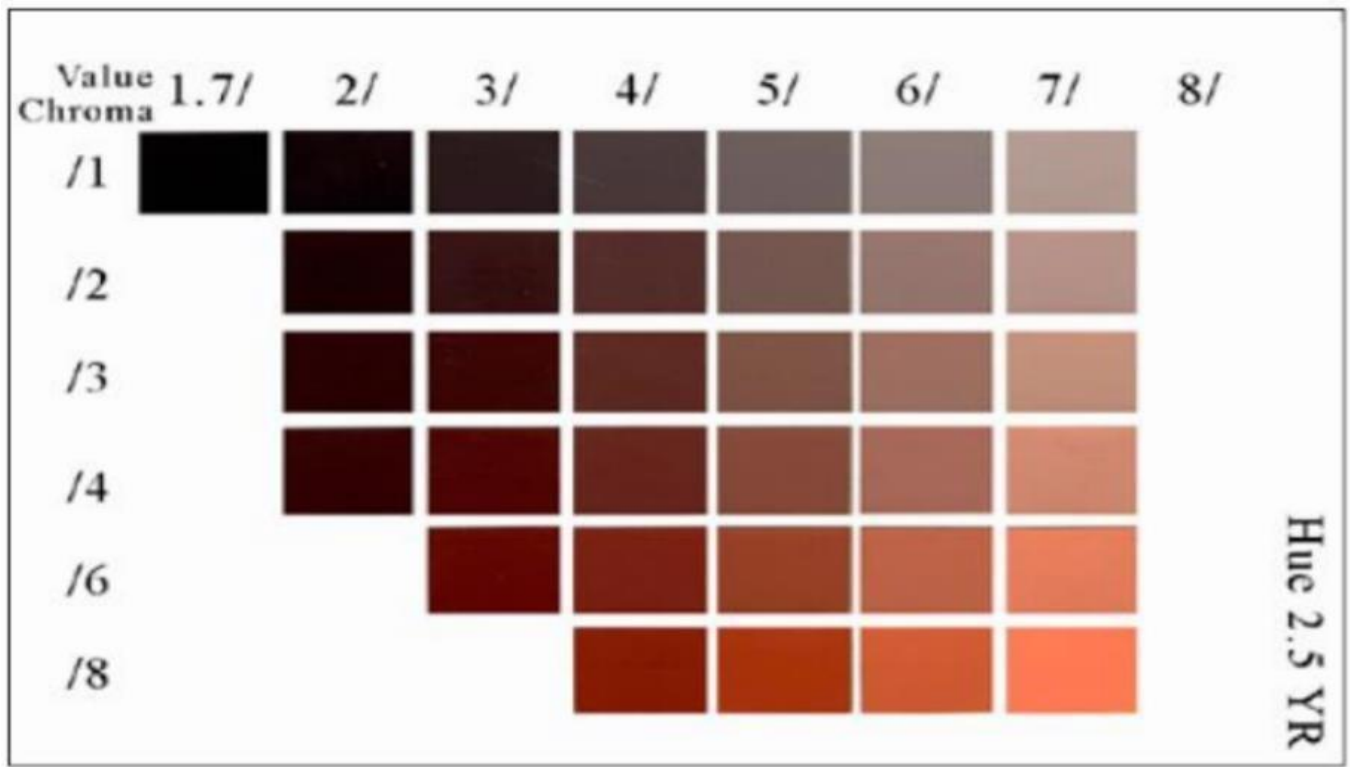


Figura 10. Sistema Munsell

Interpretar los resultados

Sobre la base del origen de los pigmentos del suelo y su relación con determinadas condiciones ambientales, la variedad de colores es la siguiente:

- a. **Color negro:** Este color ha sido asociado con condiciones de buena fertilidad, buena estructuración y rica actividad biológica. También se asocia a la incorporación de materia orgánica que se descompone en humus que da la coloración negra al suelo, este color por lo general, está asociado a la presencia de carbonatos de Ca^{2+} o Mg^{2+} más materia orgánica altamente descompuesta y otros cationes (Na^{+} , K^{+}).
- b. **Color rojo:** se asocia a procesos de alteración de los materiales parentales bajo condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, alta liberación de Fe de las rocas; es indicativo de condiciones de alta meteorización, se asocia a niveles bajos de fertilidad del suelo, pH ácidos y ambientes donde predominan los procesos de oxidación.
- c. **Color amarillo a marrón amarillento claro:** por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos (oxidación), Se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo. Se asocia con la presencia de óxidos hidratados de Fe^{3+}
- d. **Color marrón:** este color está muy asociado a estados iniciales e intermedios de alteración del suelo; se relaciona con niveles medios a bajos de materia. En general se asocia con la ocurrencia de Materia orgánica ácida parcialmente descompuesta y combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos.
- e. **Color blanco o ausencia de color:** se debe fundamentalmente a la acumulación de ciertos minerales como calcita, dolomita y yeso, así como algunos silicatos y sales. También se asocia con la presencia de tierras alcalinas (CaCO_3 , MgCO_3) Sales altamente solubles (cloruros, nitratos de Na^{+} y K^{+})
- f. **Color gris:** puede ser indicativo del ambiente anaeróbico. Este ambiente ocurre cuando el suelo se satura con agua, siendo desplazado o agotado el oxígeno del espacio poroso del suelo. Bajo estas condiciones las bacterias anaeróbicas utilizan el Fe^{3+} presente en minerales como la goetita y la hematita como un aceptor de electrones en su metabolismo.
- g. **Color verde:** en algunos suelos con condiciones de mal drenaje se genera este color. También se asocia con la ocurrencia de óxidos Fe^{2+} (incompletamente oxidados).
- h. **Color azulado:** en zonas costeras, deltaicas o pantanosas donde hay presencia del anión sulfato, y existen condiciones de reducción (saturación con agua y agotamiento del oxígeno) adicionalmente, esta coloración se asocia con la presencia de óxidos hidratados de Al (Aloisita) y fosfatos ferrosos hidratados (Instituto Tecnológico De La Zona Maya, 2017)

Además de lo anterior, según algunos minerales presentes en el suelo puede cambiar la coloración, por tal motivo por este medio podemos tener un acercamiento a los minerales predominantes en las muestras analizadas.

Tabla No.2 Minerales con su fórmula, notación y color Munsell

| Mineral | Fórmula | Notación | Munsell Color |
|-------------------|---|-------------|-------------------------|
| Calcita | CaCO_3 | 10YR 8/2 | Blanco |
| Dolomita | $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ | 10YR 8/2 | Blanco |
| Yeso | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 10YR 8/3 | Pardo muy pálido |
| Lepidocrocita | FeOOH | 5YR 6/8 | Amarillo rojizo |
| Sulfuro de hierro | FeS | 10YR 2/1 | Negro |
| Hematita | Fe_2O_3 | 10R 4/8 | Rojo |
| Humus | | 10YR 2/1 | Negro |
| Pirita | FeS_2 | 10YR 2/1 | Negro metálico |
| Cuarzo | SiO_2 | 10YR 6/1 | Gris claro |
| Goetita | Fe OOH | 10YR 8/6 | Amarillo |
| Glauconita | $\text{K}(\text{SixAl}_{4-x})(\text{Al,Fe,Mg})\text{O}_{10}(\text{OH})$ | 2.5Y 5/1 | Gris oscuro |
| Jarositita | $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)$ | 2.5Y 6/4 | Pardo amarillento claro |
| Maghernita | Fe_2O_3 | 2.5YR – 5YR | Rojo |
| Lepidocrocita | FeOOH | 2.5YR 4/6 | Rojo |
| Hematita | Fe_2O_3 | 5R 3/6 | Rojo oscuro |
| Goetita | FeOOH | 7.5 YR 5/6 | Pardo fuerte |
| Ferrihidrita | $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 2.5$ | 2.5YR 3/6 | Rojo oscuro |

Fuente: (Castro, C. 2018)

Existen otras propiedades más intrínsecas como el tipo de humus como lo presenta la imagen siguiente en donde se visualizan otras características fisicoquímicas del suelo.

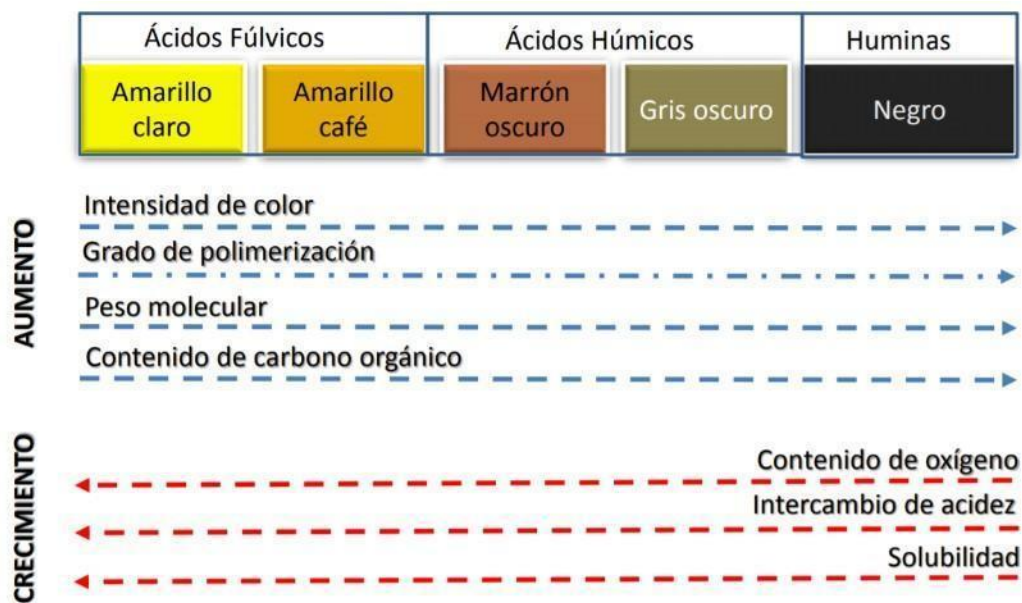


Figura 11. Características fisicoquímicas del suelo.

La medición del color se realiza en el campo utilizando una muestra, bajo dos condiciones: seco y húmedo, identificando la condición física de la muestra (agregando de suelo separado, friccionado, triturado y alisado). Para describir el color se usan dos parámetros:

1. El color Munsell
2. La notación Munsell

Ejemplo:

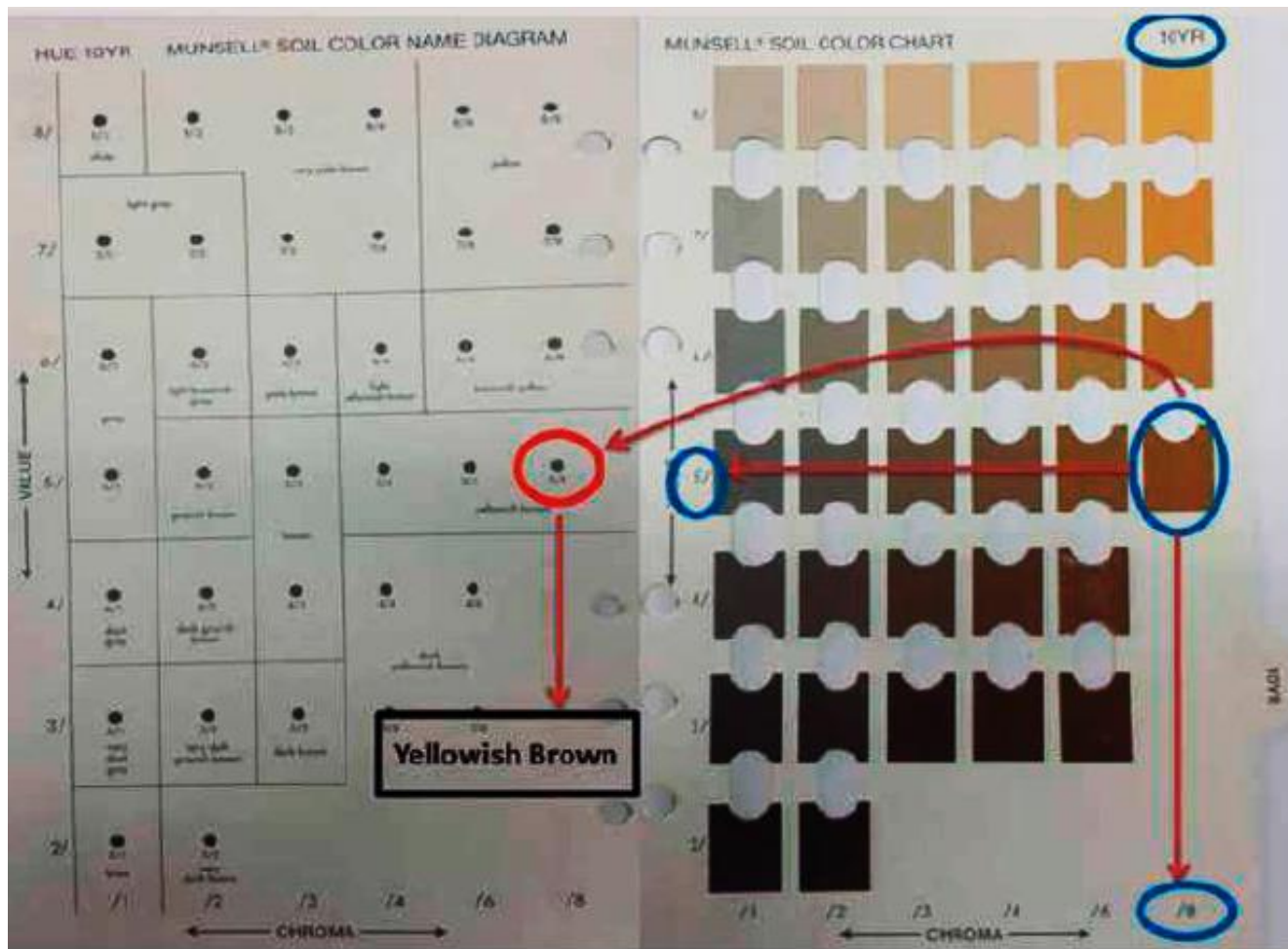


Fig. 12: Ejemplo de Identificación del color Munsell (Pardo amarillento y notación Munsell (10YR 5/8))

3. Material y equipo

| Cristalería y Equipo | Reactivos y materiales |
|-------------------------------|---|
| 1 piseta | Agua |
| 1 balanza | Muestra de suelo previamente identificada (Practica 0) |
| 1 Beaker de 500 ml (plástico) | Botella de plástico 600 ml. ** |
| 1 Tamiz de 2 mm.** | Nylon grueso 2 m ² ** |
| | Regla milimétrica. ** |
| | 2 tapaderas circulares de 5 cm diámetro como mínimo y profundidad de 1 a 3 cm. ** |

| | |
|--|---------------------------|
| | Tablas de color Munsell** |
|--|---------------------------|

** Este material debe ser proporcionado por el estudiante.

Nota: Las tablas pueden ser sustituidas por una aplicación para teléfono inteligente

Aplicaciones para teléfono:

Android: Munsell Color Chart, Soil Colour Capture, Color analyzer.

iOS: Munsell Viewer, Color analyzer.

Cada una de las aplicaciones tienen características diferentes, por lo que se le sugiere explorar cada una de ellas para encontrar la que sea de mejor utilidad posible en el laboratorio.

4. Procedimiento.

4.1. Procedimientos Generales.

- Utilizar una muestra previamente identificada de la práctica 0.
- Extender el nylon para cubrir la superficie de la mesa asignada en el laboratorio.
- Separe primero la tierra fina de todas las partículas de menos de 2 mm; para ello use el tamiz de 2 mm para eliminar las partículas mayores como la grava y las piedras.



4.2. Prueba de Munsell

- Llenar las dos tapaderas plásticas con la tierra fina, cuidando de no compactar de más la muestra.
- Con la piseta agregar agua a una de las dos tapaderas para humedecer por completo la tierra, no sobresaturar la muestra.
- Como se requiere ubicar el color en seco y en húmedo en la misma carta Munsell, en algunas ocasiones se debe seleccionar la carta en la que ambos colores se parezcan lo más posible a los que se presentan en esa carta, aunque no sean totalmente iguales.
- El color se determina comparándolo con los colores de la tabla de Munsell, primero se determina:
 - Tinte o Hue** identifica la cantidad de color que registra la vista, relativo a la longitud de onda de la luz que puede registrar el ojo humano. Esta característica, aparece en la parte superior derecha de la hoja y en ella se leen los códigos siguientes: 10R, 2.5R, 5YR, 7.5YR, 10YR, 2.5Y, 5Y; entre esos matices, los más comunes de encontrar para los suelos del país, son 10YR, 7.5YR y 5YR.
 - Brillantez o Value** Indica la claridad o que tan oscuro es un color en relación a una escala de color gris neutral. Esta característica se localiza en la parte izquierda de las hojas Munsell y los colores más oscuros tendrán el valor más bajo (próximo a 0) y los colores cercanos al gris claro (casi blanco) tendrán valores próximos al número 10.
 - Saturación o Chroma** Indica el grado de dilución por un color gris neutral; los números de esta característica, se observan en la parte inferior de las hojas; los números menores (cercano a 0), se

encontrarán al extremo izquierdo, en tanto que los mayores valores, en tonos más claros, estarán hacia el extremo derecho de la hoja de la escala Munsell.

- e. Muchas veces se dificulta seleccionar el matiz adecuado, ya que para distintas personas puede variar y esto se complica más cuando se tienen matices intermedios de los que aparecen en las cartas.
- f. En caso de no tener la tabla de Munsell, se pueden auxiliar de diferentes aplicaciones para teléfonos inteligentes que analicen colores, a continuación, se nombran algunas sugerencias:
- g. Anotar el resultado de la lectura en una tarjeta y colocarla a la par de las muestras.

Con ayuda del cuadro resumen de la hora de reporte anotar el resultado del grupo y el de los otros grupos presentes.

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 3 GRUPO NO. _____

| No. | Apellidos, Nombres | Carnet | Sede |
|------------|---------------------------|---------------|-------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

Cuadro resumen de resultados

| No. de muestra. * | Color en seco | | Color en húmedo | | Observaciones |
|-------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------|
| | Notación Munsell (Prescrita**) | Notación Munsell (Propia***) | Notación Munsell (Prescrita) | Notación Munsell (Propia) | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

*El número de muestra es el mismo que el número de grupo asignado

** Prescrita: Resultado localizado a la par de la muestra.

*** Propia: Realizada por el grupo.

| No. de muestra. | Notación Munsell | Descriptivo | Interpretación |
|-----------------|------------------|-------------|----------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Instrucciones: Clasifique los siguientes suelos en el código Munsell y llene el cuadro siguiente con la información que se le pide:

| No. de imagen. | Notación Munsell | Descriptivo | Interpretación |
|----------------|------------------|-------------|----------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |



1



2



3



4



5



6



7



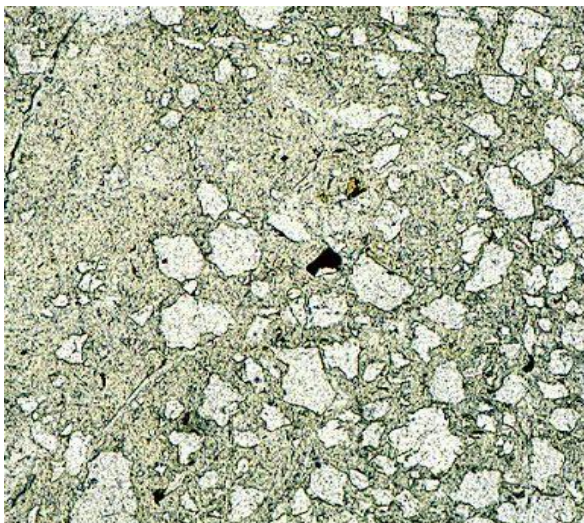
8



9



10



11



12

PRÁCTICA No. 4.

DENSIDAD APARENTE Y CAPACIDAD DE CAMPO.

1. Propósitos de la práctica:

- 1.1. Determinar la densidad aparente del suelo en laboratorio.
- 1.2. Calcular la capacidad de campo del suelo.
- 1.3. Realizar un aproximado de la porosidad del suelo.

2. Marco Teórico:

El suelo como todo cuerpo poroso tiene dos densidades, la densidad real o densidad media de sus partículas sólidas y la densidad aparente teniendo en cuenta el volumen de poros

La densidad real es la relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen de la fase sólida del suelo, siendo más o menos constante, ya que está determinado por la composición química y mineralógica de la fase sólida. El peso específico de los componentes del suelo es variado pero dado que la mayor parte de los componentes del suelo (aluminosilicatos, sílice) poseen una densidad que oscila entre 2.6 y 2,7 g/cm³, se adopta como valor medio 2,65 g/cm³ al realizar el análisis granulométrico. (SENA, 2013)

La densidad aparente se define como el peso de una unidad de volumen de suelo que incluye su espacio poroso. Es importante para el manejo de los suelos por reflejar la facilidad de circulación de agua y aire y la compactación. También es un dato necesario para transformar muchos de los resultados de los análisis de los suelos en el laboratorio (expresados en % en peso) a valores de % en volumen en el campo. La densidad aparente de los suelos no cultivados varía generalmente entre 1 y 1,6 g/cm³. La variación es debida en su mayor parte a las diferencias en el volumen total de poros por textura y estructura.

La densidad aparente depende de la materia orgánica, la textura del suelo, la densidad de las partículas minerales del suelo (arena, limo y arcilla) y su disposición. Como regla general, la mayoría de las rocas tienen una densidad de 2,65 g/cm³ por lo que idealmente, un suelo franco limoso tiene un espacio poroso del 50% y una densidad aparente de 1,33 g/cm³.

La porosidad del suelo es el volumen ocupado por las fases líquida y/o gaseosa. Posee gran importancia en la penetración radicular, percolación del agua, difusión de los gases, etc. Puede ser calculada a partir de la densidad real y aparente y resulta de la suma de la porosidad capilar (relacionada con retención de humedad) y de la porosidad no capilar (intercambio gaseoso). La relación de la macroporosidad/porosidad total indicará si la aireación es suficiente o deficiente de una manera global.

La capacidad de campo es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo una vez saturado y después de haber drenado libremente y evitando la pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego). (Rodríguez, M., Moliner, A. & Masaguer, A., 2015)

Interpretación:

Cada uno de los elementos anteriores cobran relevancia por su aplicación en campo, sin embargo, la densidad aparente resulta ser resaltante porque sus características se encuentran intrínsecamente relacionadas con la estructura del suelo y su posible aprovechamiento en la agricultura tal como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3. Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular.

| Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo | | | |
|--|---|---|---|
| Textura del suelo | Densidades aparentes ideales (g/cm ³) | Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm ³) | Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³) |
| Arena, areno-franco | <1.60 | 1.69 | >1.80 |
| Franco-arenosa, franco | <1.40 | 1.63 | >1.80 |
| Franco-arcilla-arenosa, Franco, franco-arcilloso | <1.40 | 1.60 | >1.75 |
| Limosa, franco-limosa | <1.30 | 1.60 | >1.75 |
| Franco-limosa, franco-arcilloso-limosa | <1.40 | 1.55 | >1.65 |
| Arcillo-arenosa, arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35-45% de arcilla) | <1.10 | 1.39 | >1.58 |
| Arcillosa (>45% de arcilla) | <1.10 | 1.39 | >1.47 |

Fuente: (USDA Departamento de Agricultura EEUU, 1999)

3. Material y Equipo:

| Cristalería y Equipo | Reactivos y materiales |
|-------------------------------|--|
| 1 piseta | Agua |
| 1 balanza | Muestra de suelo previamente identificada (práctica 0) |
| 1 Beaker de 500 mL (plástico) | Botella de plástico 600 ml. ** |
| 1 tamiz de 2 mm. ** | Nylon grueso 2 m ² ** |
| 1 probeta 100 mL | Cuchara y paleta de madera ** |
| 1 varilla de agitación | Jeringa 5 ml** |
| | Masking tape** |
| | Papel o cartón** |
| | Filtro de café** |

**** Este material debe ser proporcionado por el estudiante.**

Nota: la paleta debe medir 2 cm como máximo en la parte más ancha.

4. Procedimiento.

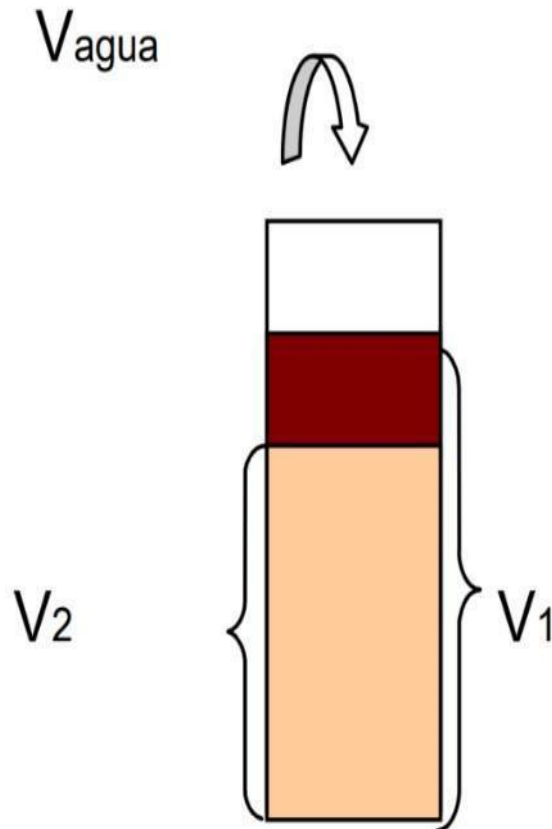
4.1. Procedimientos Generales.

- Utilizar una muestra previamente identificada de la práctica 0.
- Extender el nylon para cubrir la superficie de la mesa asignada en el laboratorio.
- Separe primero la tierra fina de todas las partículas de menos de 2 mm; para ello use el tamiz de 2 mm para eliminar las partículas mayores como la grava y las piedras.



4.2. Densidad aparente y capacidad de campo.

- Pesar 100 g de tierra fina.



- El suelo se introduce poco a poco en la probeta procurando que la muestra quede homogénea. Para ello, añadimos la muestra a cucharadas y damos unos golpecitos contra la bancada después de cada aporte para asegurarnos que no quedan espacios sin rellenar, podemos ayudarnos de una paleta de madera sin compactar la muestra. Anotamos el volumen que ocupa la muestra en la probeta V_1 .
- A continuación, añadimos un volumen V de agua que no sobrepase la capacidad de campo del suelo contenido en la probeta (por ejemplo 3 ml para suelos arenosos o 5 ml para suelos arcillosos). Esta adición se realizará añadiendo el agua al centro de la probeta con una jeringa poco a poco para que no existan salpicaduras. Cuando el agua se infiltra en el suelo, cubrir con papel la probeta para evitar la evaporación.
- Transcurridas 24 horas, el agua habrá drenado libremente, dejando en condiciones de capacidad de campo la zona superior de la columna de suelo. Medimos el volumen de suelo que está seco V_2 .
- La diferencia ($V_1 - V_2$) será la zona de la columna de suelo que está en condiciones de capacidad de campo (CC).

- f. Mediante un cálculo simple determinamos la humedad volumétrica (%H_v) a capacidad de campo basándonos en que un volumen de agua añadida V (cm³) pone en condiciones de capacidad de campo un volumen de suelo (V₁-V₂) (cm³). A su vez este volumen V₁ pesa 100 g.

$$\%H_v(\text{Capacidad de campo}) = \% \theta_{cc} = \frac{V}{V_1 - V_2} \times 100$$

Donde:

V: volumen añadido según la textura del suelo

V₁: volumen que ocupa el suelo en la probeta.

V₂: Volumen de suelo seco luego de 24 horas.

- g. Estimación de la densidad aparente de la tierra fina: la densidad aparente (d_a) de la tierra fina se estima considerando el volumen ocupado por los 100 g de tierra fina seca. Por tratarse de una estimación, no se tiene en cuenta el agua que contiene el suelo seco al aire. En caso de humedad del suelo relativamente elevada debe realizarse la corrección oportuna.

$$da = \frac{\text{peso del suelo seco (g de suelo)}}{V_1 \quad (cm^3 \text{ de suelo})}$$

Donde:

V₁: volumen que ocupa el suelo en la probeta.

- h. Estimación de la humedad gravimétrica a capacidad de campo: a partir de la humedad volumétrica a capacidad de campo y la densidad aparente se puede obtener la humedad gravimétrica (%H_g) a capacidad de campo:

$$\%H_g(\text{Capacidad de campo}) = \% \omega_{cc} = \frac{V_1}{V_1 - V_2} \times V$$

Donde:

V: volumen añadido según la textura del suelo

V₁: volumen que ocupa el suelo en la probeta.

V₂: Volumen de suelo seco luego de 24 horas.

- i. Estimación de la porosidad: Se puede hacer una estimación grosera de la porosidad (P) utilizando la densidad aparente (d_a) estimada y considerando que la densidad real (d_r) es 2,65 g/cm³:

$$\%P = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) \times 100$$

Donde:

da: densidad aparente

dr: densidad real (2.65 g/cm³)

En todas las estimaciones debemos tener en cuenta que estamos trabajando con muestra alterada, y disgregada por lo que el espacio poroso se encuentra alterado y por tanto todas las propiedades que dependen de ello. (Rodríguez, M., Moliner, A. & Masaguer, A., 2015)

4.3. Capacidad de retención de agua en el suelo.

- Pesar un envase de bebida de 600 ml, quitar la parte de la base, unos 15 cm, a la parte donde está la boca y colocar boca abajo el recipiente con el suelo colocando la base bajo para recibir el agua que se irá filtrándose.
- Colocar un filtro de café en la boca sujeto con un hule para evitar que el suelo se salga y poner 100 g de suelo.
- Agregar agua midiendo las dosis con la jeringa o el Beaker hasta humedecer todo el suelo y quede saturado, anote la cantidad de agua aplicada.
- Medir el tiempo desde que aplican el agua, hasta que esta deja de gotear en la parte de abajo, medir el agua que filtro y el tiempo que tardó en dejar de filtrarse el agua,



- Calcular el porcentaje de humedad que retuvo el suelo utilizando la siguiente fórmula:

$$P_s = \frac{(P_{sh} - P_{ss})}{P_{ss}} \times 100$$

Donde:

Ps: Contenido de humedad con base a peso de suelo seco (%)

Psh: Peso de suelo húmedo (gr)

Pss: Peso de suelo seco (gr)

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 4 GRUPO NO. _____

| No. | Apellidos, Nombres | Carnet | Sede |
|-----|--------------------|--------|------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

Cuadro resumen de resultados

Dejar constancia de los procedimientos matemáticos a mano.

| No. de muestra*. | V | V ₁ | V ₂ | d _a | d _r ** | %P | Columna en C.C. | C.C. % | %H _v | %H _g |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-------------------|----|-----------------|--------|-----------------|-----------------|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

*El número de muestra es el mismo que el número de grupo asignado

**Densidad real: 2.65 g/cm³

| No. de muestra*. | Peso de la botella | Cantidad de agua implementada | Tiempo | Peso de suelo húmedo | Peso de agua filtrada |
|------------------|--------------------|-------------------------------|--------|----------------------|-----------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

*El número de muestra es el mismo que el número de grupo asignado

Cuestionario:

1. En el primer experimento montado describa y responda lo siguiente:
 - a. Defina cada uno de los parámetros encontrados.
 - b. ¿Cuál es la aplicación de cada uno de ellos?
 - c. ¿Cómo varían estos parámetros según el tipo de suelo analizado?

Responda haciendo un marco lógico el cual quedará de constancia.

2. En el segundo experimento montado.
 - a. ¿Cuáles serían las aplicaciones en campo?
 - b. ¿Cuál sería la definición del agua filtrada?
 - c. ¿Cómo definiría el agua que quedó retenida en el suelo?
 - d. ¿Cómo se relaciona el resultado obtenido con el primer experimento?

HOJA DE TRABAJO No. 4

Complete el siguiente cuadro con la información faltante, Deje constancia del proceso matemático en una hoja aparte. (la densidad real es de 2.65 y la masa del suelo es de 100g. para todas las muestras)

| No. | V | V ₁ | V ₂ | d _a | P | Columna en C.C. | C.C. % | %H _v | %H _g |
|-----|-----|----------------|----------------|----------------|---|-----------------|--------|-----------------|-----------------|
| 1 | 5 | 62.50 | 48.14 | | | | | | |
| 2 | 2.5 | 83.33 | 52.08 | | | | | | |
| 3 | 4 | 80.65 | 58.55 | | | | | | |
| 4 | 3 | 78.13 | 59.84 | | | | | | |
| 5 | 4.5 | 75.19 | 61.05 | | | | | | |
| 6 | 6 | 73.53 | 62.21 | | | | | | |

Se realizaron análisis de suelo en diferentes regiones, en esta ocasión se midió la densidad real por el método del PIGNÓMETRO, al iniciar a redactar los resultados el técnico se percató que la información está incompleta, debido a descuidos en el laboratorio se ha mojado su boleta, ayude al técnico a completar la información. Deje constancia del proceso matemático en hojas aparte. Tomar en cuenta que todas las muestras tuvieron una masa de 100 gramos.

| No. | V | V ₁ | V ₂ | d _a | d _r | P | Columna en C.C. | C.C. % | %H _v | %H _g |
|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|
| 1 | 3.5 | | | 1.04 | 1.8 | | | 30.18 | | |
| 2 | 2 | | | 1 | 1.3 | | | 23.84 | | |
| 3 | 3.8 | | | 1.01 | 2 | | 19.12 | | | |
| 4 | 4 | | | 1.42 | | 45.38 | | 12.79 | | |
| 5 | 5.1 | | | 1.24 | 2.3 | | | 13.12 | | |
| 6 | 4.8 | | | 0.76 | 1 | | | 54.78 | | |
| 7 | 3 | | | 1.14 | 2.4 | | 19.67 | | | |
| 8 | 2.2 | | | 1 | 1. | 33.33 | 22.85 | | | |
| 9 | 4.3 | | | 1.17 | 2.1 | | | 19.87 | | |
| 10 | 2.2 | | | 1.25 | 2.8 | | | 26.55 | | |

PRÁCTICA No. 5

MEDICIÓN DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH.

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Interpretar las variaciones de pH y su implicación en el suelo.
- 1.2 Determinar el pH por el método del papel indicador, es decir, el grado de acidez, neutralidad o alcalinidad de un suelo.
- 1.3 Analizar los posibles cambios de pH en el suelo.

2. Marco Teórico:

El pH del suelo es una medida de la acidez o de la alcalinidad de la solución del suelo. Por definición, el pH es el negativo del logaritmo de la concentración del ión de hidrógeno $[H^+]$, es decir: $pH = -\log[H^+]$ Se dice que los suelos son ácidos, neutros, o alcalinos (básicos), dependiendo de sus valores de pH, en una escala de 0 a 14.

Un pH de 7 es neutro (agua pura), menos de 7 es ácido y mayor a 7 es alcalino. Como el pH es una función logarítmica, cada unidad en la escala del pH es diez veces menos ácida (más alcalina) que la unidad debajo de ella. Por ejemplo, una solución con un pH de 5 tiene una concentración de iones de H^+ 10 veces mayor que una solución con un pH de 6 y una concentración 100 veces más alta que una solución con pH de 7. (Piedrahíta, O., 2009)



Figura 13. Clasificación de Ph

Fuente: Sanchez, S. (2022)

Los suelos minerales ácidos con pH inferiores a 5.0 contienen a menudo cantidades apreciables de Al y de Mn en la solución del suelo, que son perjudiciales para el crecimiento vegetal. El crecimiento óptimo y el uso eficiente de los nutrientes de los fertilizantes en suelos ácidos requieren de la adición de enmiendas para eliminar los efectos tóxicos del Al, H y Mn. Los microorganismos del suelo no funcionan con eficacia en suelos ácidos. A medida que disminuye el pH del suelo disminuye también la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y proveen nutrientes a las plantas. Aunque estos organismos funcionan mejor en niveles de pH del suelo de 8.0, su eficacia no cae rápidamente hasta que los niveles del pH están por debajo de 6.0. La descomposición de la materia orgánica no solo provee

nutrientes, sino que también contribuye a la agregación (agrupamiento) de las partículas del suelo que genera buena estructura, aireación y drenaje del suelo. (Ruz, N., 2018)

Interpretación.

El pH del suelo influye de forma decisiva en la asimilabilidad de los diferentes nutrientes vegetales. Los pHs que proporciona mejores condiciones de asimilabilidad son ligeramente ácidos (pH entre 6 y 7)

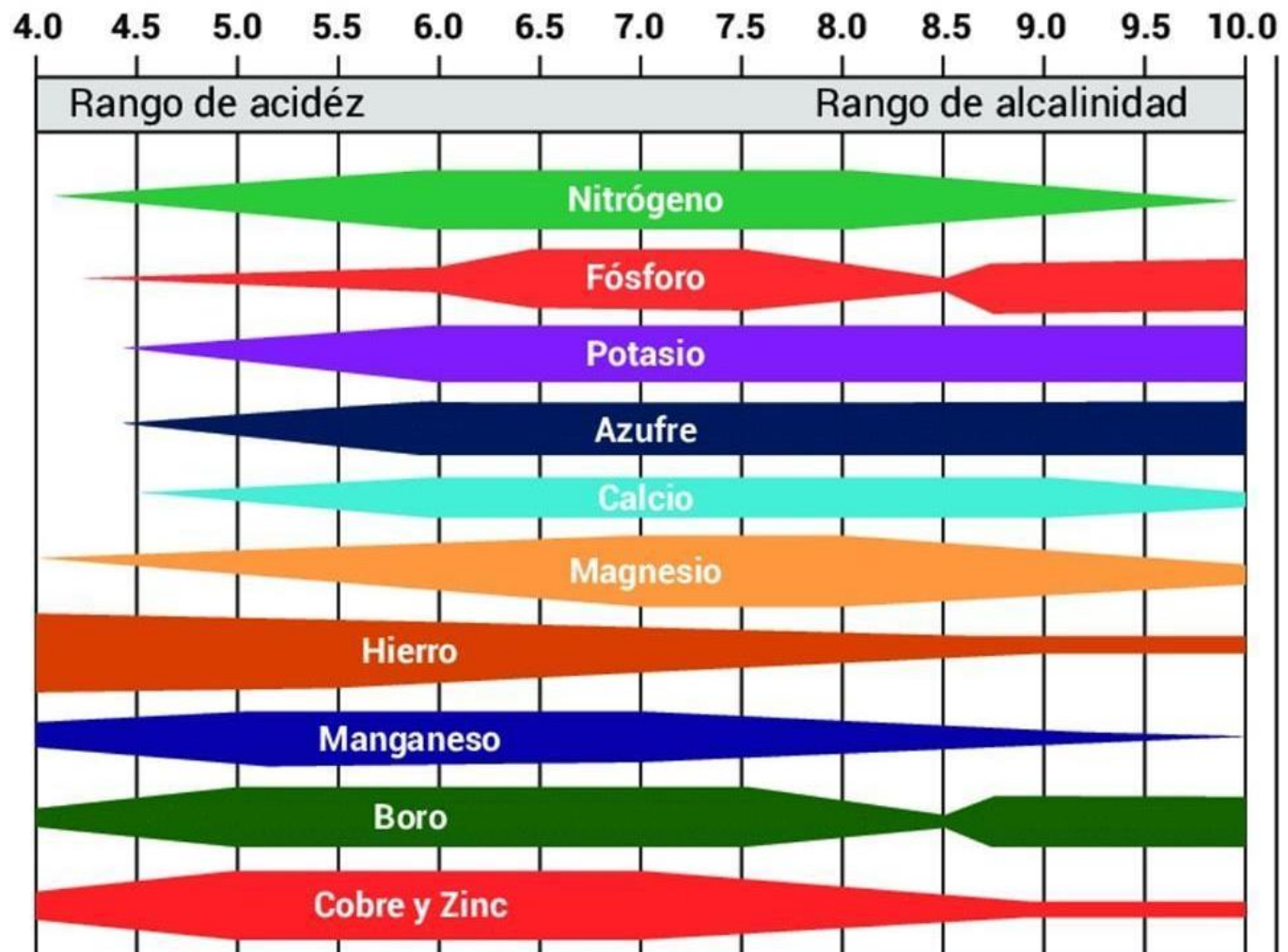


Figura 14. Disponibilidad de nutrientes según Ph del suelo

Total, de bases intercambiables.

Es la suma de las llamadas bases intercambiables que neutralizan la acidez del suelo. Son los cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} y Na^{+} que predominan en suelos neutros y alcalinos.

Total de acidez intercambiables.

H^{+} y Al^{3+} intercambiables retenidos en cargas negativas de arcillas del suelo.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La CIC es la suma total de los cationes intercambiables de un suelo, cuanto mayor es la CIC mayor es la cantidad de cationes que éste puede retener.

Se expresa en miliequivalentes por cada 100 grs de suelo seco y se escribe meq/100 grs, los minerales de arcilla presentan usualmente valores de CIC entre 10 y 150 meq/100 grs.

La materia orgánica presenta valores entre 200 y 400 meq/100 grs. De modo que el tipo y cantidad de arcilla y materia orgánica influyen enormemente la CIC de los suelos.

% de saturación de bases

Es la relación entre el Valor S y la CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) expresada en %. El grado de saturación de bases se expresa por medio del valor

$$V \left(V = \left(\frac{S}{T} \right) \times 100 \right)$$

Del punto de vista de la fertilidad, nos interesa tener un Valor V elevado. La agricultura continua disminuye el Valor T (por su efecto sobre la MO) y el valor S y aumenta H; entonces el complejo absorbente del suelo, va disminuyendo su grado de saturación. (Abrego, F. (s.f.)

Cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas

Calcio (Ca Calcio ++), Magnesio (Mg Magnesio ++), Potasio (K Potasio +), Amonio (NH₄), son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas, Sodio (Na Sodio +) • Hidrógeno (H+). Tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad.

3. Material y Equipo:

| Cristalería y Equipo | Reactivos y materiales |
|-------------------------------------|---|
| 1 piseta | Agua |
| 1 balanza | Muestra de suelo previamente identificada, (Practica 0) |
| 1 Beaker de 500 mL (plástico) | Botella de plástico 600 ml. ** |
| 1 tamiz de 2 mm.** | Nylon grueso 2 m ² ** |
| 1 papel indicador de pH, o ph-metro | Cuchara de plástico** |
| 1 pipeta | Jeringa 5 ml** |
| 1 varilla de vidrio | 5 frascos de vidrio o plástico pequeños** |
| | 2 pares de guantes** |
| | 1 botella pequeña de vinagre ** |
| | 30 gramos de NaHCO ₃ ** |
| | 10 gramos de CaCO ₃ y/o Ca(OH) ₂ ** |
| | 10 gramos de CO(NH ₂) ₂ y/o (NH ₄) ₂ SO ₄ ** |
| | Tabla periódica de los elementos** |

** Este material debe ser proporcionado por el estudiante.

4. Procedimiento.

○ pH de suelo:

- a. Utilizar una muestra previamente identificada de la práctica 0.
- b. Extender el nylon para cubrir la superficie de la mesa asignada en el laboratorio.
- c. Separe primero la tierra fina de todas las partículas de menos de 2 mm; para ello use el tamiz de 2 mm para eliminar las partículas mayores como la grava y las piedras.
- d. Pesar 20 g de suelo y colocarlo en un frasco de vidrio o de plástico de boca ancha previamente rotulado.
- e. Adicionar 50 ml de agua en el frasco conteniendo el suelo.
- f. Con una cuchara agitar manualmente la mezcla de suelo y agua durante 5 minutos, asegurarse que no haya grumos, de ser así agítese por más tiempo.
- g. Dejar reposar durante 20 minutos.
- h. Preparar un trozo del papel indicador de pH cerca de la solución, tener cuidado de no estar mojado el lugar en donde se coloque.
- i. Introduzca con cuidado una esquina del papel indicador de pH a la solución en reposo.
- j. Esperar a que reaccione y seque el papel indicador, teniendo este resultado se procede a comparar la coloración resultante con la muestra colorimétrica adjunta al estuche en donde se guarda el papel.

○ pH de los otros reactivos.

- a. Rotular los frascos con los nombres de cada uno de los reactivos. (Cal Hidratada, Urea)
- b. Colocarse los guantes previos a trabajar con los reactivos.
- c. Pesar 5 g de cada uno de los compuestos y agregarlos por separado a los frascos designados.
- d. Agregar 50 ml de agua destilada a los frascos.
- e. Agitar el agua hasta que desaparezcan los grumos o cristales, de presentar dificultad agregue más agua.
- f. Llene un frasco con agua destilada
- g. Proceda a extraer el líquido compuesto con una pipeta y agregue una gota al papel indicador de pH.
- h. Preparar un trozo del papel indicador de pH cerca de la solución, tener cuidado de no estar mojado el lugar en donde se coloque.
- i. Introduzca con cuidado una esquina del papel indicador de pH a la solución en reposo.
- j. Repita los pasos f y g por cada uno de los frascos en los que se procederá a medir el pH.
- k. Espere a que reaccione y seque el papel indicador y proceda a comparar la coloración resultante con la muestra colorimétrica adjunta al estuche en donde se guarda el papel.

○ Análisis de pH por reacción:

- a. Utilizar una muestra previamente identificada de la práctica 0.
- b. Separe primero la tierra fina de todas las partículas de menos de 2 mm; para ello use el tamiz de 2 mm para eliminar las partículas mayores como la grava y las piedras.
- c. Pesar 40 g de suelo y colocar 20 g en dos frascos de vidrio o de plástico de boca ancha previamente rotulado.
- d. Pesar 20 g de bicarbonato para colocarlo en un frasco, agregar 60 ml de agua y agitar por lo menos por 5 minutos.

- e. Agregar 40 ml de vinagre a un frasco con tierra y 40 ml del sobrenadado en el frasco de bicarbonato con agua en el otro frasco con tierra.
- f. Observe las reacciones y anote.

Cálculo de propiedades químicas del suelo a partir de un análisis de suelo.

| ANÁLISIS DE SUELO (meq/100g de suelo) | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| pH | Ca | Mg | K | Na | H | Al | Fe |
| 6.6 | 16.50 | 0.820 | 0.430 | 0.265 | 0.047 | 0.125 | 0.028 |
| TBC | AC | CIC | %V | %AC | %PSI | %PAI | |
| | | | | | | | |

- a. Calcular el total de bases intercambiables (TBC) que es la sumatoria del Ca, Mg, K, Na.

$$TBC = Ca + Mg + K + Na$$

- b. Calcular ácidos intercambiables (AC) que es la sumatoria de H, Al, Fe.

$$AC = H + Al + Fe$$

- c. Calcular la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo (CIC)

$$CIC = TBC + AC$$

- d. Calcular el % de bases intercambiables

$$\%V = \frac{TBC}{CIC} \times 100$$

- e. Calcular % de ácidos intercambiables

$$\%AC = \frac{AC}{CIC} \times 100$$

- f. Calcular % de sodio intercambiable

$$\%PSI = \frac{Na}{CIC} \times 100$$

- g. Calcular el % de aluminio intercambiable

$$\%PAI = \frac{Al}{CIC} \times 100$$

Convertir los resultados de meq/100g a Kg/Ha tomado en cuenta que la densidad aparente para este ejercicio es de 1,500 Kg/m³ y una profundidad de 20 cm.

- a. Calcular el Peso de la Capa Arable (PCA)

$$PCA \left(\frac{ton}{ha} \right) = DAP \times A \times Z$$

Donde:

DAP = Densidad aparente en Ton/m³

A = 10,000 m².

Z = Profundidad en metros

$$PCA \left(\frac{ton}{ha} \right) = 1.5 \frac{Toneladas}{m^3} \times 10,000 m^2 \times 0.2 m$$

$$PCA \left(\frac{ton}{ha} \right) = 3,000 toneladas$$

- b. Convertir el resultado de PCA en ton/ha a kg/ha

$$3000 \frac{toneladas}{ha} * 1000 \frac{Kg}{1 Tonelada} = 3 \times 10^6 = 3,000,000 \frac{kg}{ha}$$

Calcular Kg/Ha de Ca

Datos:

$$16.50 \frac{meq}{100gS}$$

$$Peso\ atómico\ del\ Ca = 40\ Valencia\ de\ Ca = 2\ 1\ eq = 1,000\ meq$$

Cálculo:

$$\frac{16.5 \text{ meq de Ca}}{100 \text{ g S}} \times \left(\frac{1 \text{ eq}}{1000 \text{ meq}} \right) \times \left(\frac{\frac{40}{2}}{1 \text{ eq}} \right) = \frac{0.33 \text{ g Ca}}{100 \text{ g S}}$$

Relacionar e igualar

$$\frac{0.33 \text{ g Ca}}{100 \text{ g S}} = \frac{0.33 \text{ kg Ca}}{100 \text{ kg S}}$$

Regla de 3

$$\begin{array}{rcl} 0.33 \text{ Kg de Ca} & \text{---} & 100 \text{ Kg S} \quad x \\ - - 3 \times 10^6 \text{ Kg S} & & \text{---} \end{array}$$

$$x = 9,900 \text{ Kg de Ca}$$

- c. De la misma manera realizar los pasos anteriores para convertir a Kg/Ha todos los datos presentes en el análisis de suelo.

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 5 GRUPO NO. _____

| No. | Apellidos, Nombres | Carnet | Sede |
|------------|---------------------------|---------------|-------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

Cuadro resumen de resultados

| Nombre del compuesto | pH | Interpretación de los resultados |
|-----------------------------|-----------|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Cuadro para comparar los resultados de pH en el suelo de otros grupos

| No. de muestra* | pH | Interpretación de los resultados |
|------------------------|-----------|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

*El número de muestra es el mismo que el número de grupo asignado

Llene los espacios en blanco de los siguientes análisis de suelo, y convertir los resultados del análisis a Kg/Ha tomado en cuenta que la densidad aparente para este ejercicio es de 1,500 Kg/m³ y una profundidad de 20 cm.

| ANÁLISIS DE SUELO (meq/100g de suelo) | | | | | | | |
|---------------------------------------|----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| pH | Ca | Mg | K | Na | H | Al | Fe |
| 5.6 | 12 | 0.6 | 0.2 | 0.8 | 0.080 | 0.3 | 0.2 |
| TBC | AC | CIC | %V | %AC | PSI | PAI | |
| | | | | | | | |
| RESULTADOS EN Kg/ha | | | | | | | |
| Ca | Mg | K | Na | H | Al | Fe | |
| | | | | | | | |

Cuestionario.

1. ¿Qué es pH?
2. ¿Con qué otros métodos se mide el pH del suelo?
3. ¿Cuáles son los nombres comunes de los cuatro reactivos utilizados en la práctica?
4. ¿Cuáles son las razones por la que se utilizaron estos reactivos para esta práctica?
5. Enumere 5 fertilizantes que pueden ser causantes de la acidificación del suelo y cuáles serían las consecuencias
6. ¿Cuáles son las razones por la que un suelo puede estar acidificado?
7. ¿Qué tipo de análisis de laboratorio se debe de hacer previo a una enmienda de pH en el suelo?
8. ¿Qué empresas a nivel guatemalteco pueden hacer estas pruebas?
9. ¿Cómo se puede hacer una enmienda del suelo si el pH es elevado o está muy bajo?
10. ¿Qué es el efecto buffer o efecto amortiguador en el suelo?, ¿Por qué se debe de tomar en cuenta siempre en las decisiones para enmienda al suelo?
11. ¿Qué contaminantes podrían contribuir a modificar el pH del suelo?
12. ¿Qué es el CICE y qué relación tiene con el pH del suelo?
13. ¿Cuáles son los cationes básicos que se toman en cuenta para una enmienda de pH en el suelo?
14. ¿Qué catión es al que se usa como indicado o se vincula a la acidificación del suelo?

PRÁCTICA No. 6:

FERTILIDAD DEL SUELO: FERTILIZACIÓN Y ENMIENDAS

1. Propósito de la práctica:

- 1.1.** Conocer los macroelementos y microelementos en el suelo importantes en la fertilidad.
- 1.2.** Interpretar las fórmulas comerciales con las que se describen los macroelementos y microelementos en el mercado.
- 1.3.** Calcular las cantidades de agroquímicos según los requerimientos del suelo por medio de la fórmula de fertilidad.

2. Marco Teórico.

- **Elementos esenciales**

Dentro de las prácticas de fertilización se han clasificado a los elementos esenciales de acuerdo a las necesidades de un gran número de vegetales. Dicha clasificación divide los elementos en Macroelementos, Elementos Secundarios y Microelementos.

a. Macroelementos

Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Son imprescindibles para el desarrollo de los cultivos. Generalmente son estos tres elementos los que se consideran en las Fórmulas Generales de Fertilización.

b. Elementos secundarios

Calcio, Magnesio, Azufre y Cobre. Son también imprescindibles y al igual que los macroelementos, son necesarios en grandes cantidades. Sin embargo, las necesidades de las plantas de estos elementos no son calculadas directamente, sino que son consideradas en prácticas de mejora del suelo, como el encalado, la estercolación, control de enfermedades o aplicación de fuentes inorgánicas de N, P o K.

c. Microelementos

Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, Molibdeno y Cloro. Esenciales, pero son absorbidos en pequeñas cantidades por las plantas.

d. Elementos no esenciales

Se han encontrado más de 40 elementos en las plantas, sin embargo, se puede mencionar que algunos de ellos como, Sodio, Cobalto, Selenio, Flúor, Silicio, Aluminio, Arsénico, Cadmio, Titanio, Yodo y Vanadio; sin ser esenciales son absorbidos por las plantas y se piensa que pueden incluso participar en algunas funciones importantes y aún ser necesarios para algunos vegetales; como por ejemplo el Cobalto para los pastos forrajeros y algunas hortalizas.

- **Funciones de los macroelementos**

a. Nitrógeno

El papel más notable del nitrógeno en los vegetales es ser parte de la estructura de la molécula proteínica. Además, el nitrógeno se encuentra en los aminoácidos, ácidos nucleicos, coenzimas y hormonas vegetales y otros compuestos como las porfirinas, las cuales a su vez constituyen sustancias tan importantes como la clorofila y los citocromos. Interviene en la síntesis de proteínas y en el crecimiento en general.

b. Fósforo

El fósforo se encuentra en los ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfolípidos y de las coenzimas NAD y NADP y en los paquetes energéticos ATP. Se han encontrado altas concentraciones de fósforo en los tejidos meristemáticos de las zonas apicales con un activo crecimiento, probablemente interviniendo en la síntesis de nucleoproteínas. En las membranas celulares el fósforo se encuentra en los fosfolípidos. Las coenzimas NAD y NADP intervienen en las reacciones de óxido-reducción en el metabolismo.

c. Potasio

El fósforo se encuentra en los ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfolípidos y de las coenzimas NAD y NADP y en los paquetes energéticos ATP. Se han encontrado altas concentraciones de fósforo en los tejidos meristemáticos de las zonas apicales con un activo crecimiento, probablemente interviniendo en la síntesis de nucleoproteínas. En las membranas celulares el fósforo se encuentra en los fosfolípidos. Las coenzimas NAD y NADP intervienen en las reacciones de óxido-reducción en el metabolismo.

Fórmula general de fertilización

Una fórmula general de fertilización mineral es una recomendación técnica de la cantidad de macroelementos que debemos aplicar para cierto cultivo en una determinada zona y para una superficie de una hectárea o 10,000 m².

Estas recomendaciones técnicas son generadas en los Centros de Investigación Agrícola (INIFAP) en base a ensayos experimentales, los cuales toman en consideración la especie, variedad, condiciones edafológicas y climáticas de la zona. Una fórmula general de fertilización mineral toma en cuenta los elementos primarios, es decir, el nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K); y en ese orden nos indican los kilogramos de cada elemento a aplicar durante el ciclo del cultivo en una superficie de 10,000 m².

Así tenemos que la fórmula general para el frijol en Chapingo, México, es de 60-40-00, la que nos indica que debemos aplicar, 60 Kg del elemento nitrógeno; 40 Kg del elemento fósforo y ninguna cantidad de potasio.

Como se puede observar en el ejemplo anterior, la fórmula general está compuesta de 3 cifras separadas por 2 guiones (00-00-00). La primera cifra corresponde a la cantidad del elemento nitrógeno, la cifra del centro al elemento fósforo y por último se encuentra el elemento potasio.

En forma general consideramos los dos casos que a menudo se presentan:

1. Cuando deseamos saber qué cantidad de fertilizante químico o fuente (F) necesitamos para completar una determinada fórmula general de fertilización.
2. Cuando conocemos la cantidad de fertilizantes químicos o fuentes (F), y deseamos saber la fórmula general de fertilización que se aplicó, o qué cantidad del elemento (E) se encuentra en esas fuentes.

Tabla 4. Fuentes comerciales de elementos nutritivos

| Nombre comercial | Fórmula | Concentración (%) | | | Otros elementos |
|-------------------------------|--|-------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| Sulfato de amonio | SO ₄ (NH ₄) ₂ | 20.5 | 00 | 00 | S |
| Nitrato de amonio | NO ₃ NH ₄ | 33.5 | 00 | 00 | - |
| Urea | CO(NH ₂) ₂ | 46.0 | 00 | 00 | - |
| Amoniaco Anhídrido | NH ₃ | 82.0 | 00 | 00 | - |
| Cianamida cálcica | CN ₂ Ca | 14.0-20.0 | 00 | 00 | Ca |
| Cianamida hidrogenada | H ₂ CN ₂ | 10 | 00 | 00 | - |
| Superfosfato de calcio simple | (20%P ₂ O ₅) | 00 | 20 | 00 | Ca |
| Superfosfato de calcio triple | (46%P ₂ O ₅) | 00 | 46 | 00 | Ca |
| Cloruro de potasio | KCl | 00 | 00 | 60 | Cl |
| Sulfato de potasio | SO ₄ K ₂ | 00 | 00 | 50 | S |
| Nitrato de potasio | NO ₃ K | 10 | 00 | 44 | - |
| Fosfato diamónico | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 18 | 46 | 00 | - |
| Nitrofoska azul | | 12 | 8 | 16 | - |
| Tripe 17 | | 17 | 17 | 17 | - |

3. Materiales

| Materiales |
|------------------------|
| Hojas en blanco |
| Calculadora científica |

4. Procedimiento.

Cálculo de la cantidad de fertilizante para complementar una fórmula de fertilización

Este es el caso más común cuando una vez conocida la fórmula general de fertilización para el cultivo a establecer y para nuestra región; nos preparamos para aplicar fertilizantes químicos al suelo.

En este momento, es necesario saber con qué fuentes contamos, ya que, dependiendo de éstas, se procederá al cálculo. Debemos tomar en cuenta si las fuentes son simples, binarias o ternarias, así como tener presente que 20 macroelemento o macroelementos contienen esas fuentes, y también es importante conocer la concentración de cada una de ellas.

Por otra parte, dado que las fórmulas generales son generadas para una hectárea (10,000 m²); es recomendable especificar cuál es la superficie por fertilizar (S) para así hacer las operaciones pertinentes para ajustar nuestro cálculo a nuestro terreno. Una vez considerado lo anterior, utilizaremos una fórmula de cálculo muy sencilla que se da a continuación.

$$F = \frac{E(S)}{c}$$

Dónde:

F = Cantidad de fertilizante inorgánico necesario, (Kg)

S = Superficie de cultivo a fertilizar (has).

E = Cantidad del elemento recomendado en la fórmula general de fertilización (Kg).

c = Concentración de la fuente. (decimal)

Ejemplo 1. Queremos calcular la fórmula general de fertilización 60-40-00 recomendada para frijol en Ipala, Gua., para un cultivo con una extensión de 10,000 m², y contamos como fuentes a la urea y superfosfato triple de calcio.

El primer paso es considerar que la fórmula general no recomienda la aplicación de potasio; que nuestra superficie es de una hectárea (1 ha) y que las fuentes disponibles son simples; es decir, la urea solo contiene nitrógeno y el superfosfato triple de calcio, solo contiene fósforo.

Si revisamos la tabla de concentraciones veremos que la urea tiene una concentración de nitrógeno del 46% y el superfosfato triple de calcio tiene una concentración de fósforo del 46%. En este caso, procederemos a sustituir los términos de la fórmula de cálculo empezando por la fuente nitrogenada, aunque por tratarse de fuentes simples podría también iniciarse del fertilizante fosforado.

$$F_{urea} = \frac{60(1)}{0.46} = 130.434Kg$$

Al sustituir los valores en la fórmula de cálculo es necesario tener cuidado de introducir los datos de manera correcta. Las concentraciones de las fuentes deben estar en cifras decimales (46% como 0.46) y la superficie en hectáreas (10, 000 m² como 1 ha).

F urea es la cantidad de urea (Kg) necesaria para contar con 60 Kg de nitrógeno (N) como elemento. Estos 60 Kg son los que nos recomienda la fórmula general de fertilización (60-40-00). Ya que calculamos el fertilizante nitrogenado, procedemos a calcular el fosforado de la misma forma:

$$FSFTCa = \frac{40(1)}{0.46} = 86.95 Kg$$

F SFTCa son Kg de superfosfato triple de Calcio necesarios para obtener 40 Kg del macroelemento fósforo (P). Los 40 Kg que aparecen en la fórmula de cálculo son los que recomienda la fórmula general de fertilización (60-40-00). El valor de 0.46 en las dos operaciones significa que la urea tiene una concentración de nitrógeno del 46% y que el superfosfato triple de calcio también tiene una concentración del 46%; pero en este caso es de fósforo (P). Finalmente, estamos en condiciones de decir que son necesarios 130.43 Kg

de urea y 86.95 Kg de superfosfato triple de calcio; para fertilizar una hectárea de frijol en Chapingo, Méx., en base a la fórmula general de fertilización, 60-40-00.

Ejemplo 2. Calcular las cantidades de urea y superfosfato triple de Calcio para fertilizar 15 has. de frijol en Ipala, Gua., con la fórmula general de fertilización, 60-40-00. Si observamos este ejemplo es igual al primero, con excepción de que en lugar de pretender fertilizar 1 ha, aquí fertilizaremos 15 has.

$$F_{urea} = \frac{60(15)}{0.46} = 1,956.521Kg$$

La misma fórmula de cálculo nos ajusta las cantidades de fertilizante al introducir la superficie a fertilizar. Para el caso del superfosfato triple de calcio procedemos de la misma manera:

$$FSFTCa = \frac{40(15)}{0.46} = 1,304.347 Kg$$

Ahora estamos en condiciones de decir que son necesarios 1956.521 Kg de urea y 1304.347 Kg de superfosfato triple de calcio para fertilizar 15 hectáreas de frijol en Chapingo, Méx., en base a la fórmula general de fertilización, 60-40-00.

Cálculo de la cantidad de elementos contenidos en una determinada cantidad de fertilizante y conocer la fórmula general de fertilización

Otro caso general, es cuando sabemos las cantidades de cada una de las fuentes inorgánicas aplicadas a un cultivo, pero desconocemos la fórmula general empleada. Usualmente ciertos productores utilizan y aplican fertilizantes químicos a sus cultivos sin haber consultado la fórmula general de fertilización recomendada para sus cultivos y región, lo que generalmente resulta en una inadecuada práctica donde puede suceder que se aplique más, y en otras ocasiones menos fertilizante que el necesario. Sin saber más datos que las fuentes y sus cantidades empleadas podemos conocer la fórmula general de fertilización con la siguiente fórmula de cálculo.

$$E = \frac{F}{S} (c)$$

Dónde:

E= Cantidad del macroelemento que está contenida en la fuente (Kg)

F= Cantidad de la fuente o fertilizante (Kg)

S = Superficie a fertilizar (hectáreas)

c = Concentración del macroelemento en el fertilizante (decimal).

Ejemplo 1. Un productor de tomate de la región del altiplano, aplicó a su cultivo de 1 hectárea de extensión, una mezcla de fertilizantes inorgánicos compuesta de 304.35 Kg de urea, 195.66 Kg de superfosfato triple de calcio y 80 Kg de sulfato de potasio. ¿Qué fórmula de fertilización empleó este productor?

Para urea:

$$E(\text{nitrógeno}) = \frac{304.35}{1} (0.46) = 140.0 \text{ Kg}$$

Para superfosfato de calcio triple:

$$E(\text{fósforo}) = \frac{195.66}{1} (0.46) = 90.0 \text{ Kg}$$

Para sulfato de potasio:

$$E(\text{potasio}) = \frac{80}{1} (0.5) = 40.0 \text{ Kg}$$

| | N | P | K |
|--|------------|-----------|-----------|
| 304.35 Kg de urea | 140 | 00 | 00 |
| 195.66 Kg de superfosfato de calcio triple | 00 | 90 | 00 |
| 80 Kg de sulfato de potasio | 00 | 00 | 40 |
| FÓRMULA GENERAL DE FERTILIZACIÓN | 140 | 90 | 40 |

Ejemplo 2. Para fertilizar 3 hectáreas de cebolla se utilizaron las siguientes fuentes y cantidades: Compuesto triple 25: 480 Kg, Fosfato diamónico 391.305 Kg, Sulfato de amonio 973.5 Kg, ¿Cuál es la fórmula general de fertilización utilizada?

Para el compuesto triple 25:

$$E(N, P, K) = \frac{480}{1} (0.25) = 40.0 \text{ Kg}$$

Como es un compuesto triple cada uno de los macroelementos se calcula con los mismos valores por lo tanto para el nitrógeno, fósforo y potasio se trabajarán con 40 kg, cada uno

Para el fosfato diamónico:

$$E(\text{fósforo}) = \frac{391.305}{3} (0.46) = 60.0 \text{ Kg}$$

$$E(\text{nitrógeno}) = \frac{391.305}{3} (0.18) = 23.478 \text{ Kg}$$

Para el sulfato de amonio:

$$E(\text{nitrógeno}) = \frac{973.5}{3} (0.205) = 66.522 \text{ Kg}$$

Al final hacemos el balance y sumamos las cantidades de macroelementos aportadas por las fuentes:

| | N | P | K |
|---|------------|------------|-----------|
| 160 Kg del compuesto triple 25 | 40 | 40 | 40 |
| 130.435 kg de fosfato diamónico | 23.478 | 60 | 00 |
| 324.5 Kg de sulfato de amonio | 66.522 | 00 | 00 |
| FÓRMULA GENERAL DE FERTILIZACIÓN | 130 | 100 | 40 |

HOJA DE REPORTE. PRÁCTICA No. 6

GRUPO NO. _____

| No. | Apellidos, Nombres | Carnet | Sede |
|-----|--------------------|--------|------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |

1. Calcular las cantidades de urea y superfosfato triple de calcio para fertilizar 5,000 m² de frijol en ICTA Quetzal, con la fórmula general de fertilización, 60-40-00.
2. Fertilizamos 1 hectárea de cebolla con la fórmula 120-80-30, utilizando como fuentes al triple 17, al fosfato diamónico y al sulfato de amonio, que cantidad de cada una de las fuentes es necesaria para realizar la fertilización de la hectárea de cebolla.
3. Calcule las cantidades de nitrato de amonio y superfosfato triple de calcio necesarias para fertilizar 1 hectárea de maíz con la fórmula 120-80-00 haciendo tres aplicaciones. La primera fertilización se hará en el momento de la siembra aplicando un tercio del nitrógeno y todo el fósforo, la segunda fertilización se hará en la primera labor con otro tercio del nitrógeno y la tercera consistirá en aplicar el resto del nitrógeno en la segunda labor. El primer paso para resolver este ejercicio es dividir la fórmula general de fertilización en base a las especificaciones para su aplicación.
4. Vamos a fertilizar 1 ha con maíz, y utilizaremos la fórmula general de fertilización 80-60-00. Tenemos como fuentes orgánicas al sulfato de amonio y al superfosfato de calcio simple. ¿Qué cantidad de cada una de las fuentes utilizaremos?
5. Un cultivo de frijol con una superficie de 2 has lo fertilizamos con la fórmula general 60-30-10, la que dividiremos en dos aplicaciones. La primera se realizará en la siembra utilizando el 50% de nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio. La segunda aplicación se hará en el momento del arroyo y se aplicará el resto del nitrógeno. Contamos como fuentes al fosfato diamónico, urea y al cloruro de potasio. ¿Qué cantidad de cada fertilizante necesitamos en cada una de las aplicaciones?
6. Necesitamos saber qué cantidad de la fórmula compuesta 18-12-06, fosfato diamónico (FDA) y sulfato de amonio; para fertilizar 5 has de maíz con la fórmula general 120-80-20. En la siembra se hará la aplicación de 2/3 partes del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio, y en la segunda labor el resto del nitrógeno. Indique la cantidad de cada una de las fuentes para cada aplicación.

7. Para un huerto de 1 ha de naranjo de 6 años, establecido en tresbolillo a una distancia de 6 m entre árboles; se recomienda fertilizar con 1.5 Kg/árbol de la fórmula compleja 17-17-17 y 200 gr. de sulfato de amonio/árbol. ¿Qué fórmula general de fertilización emplearemos?
8. En Quetzaltenango un productor de trigo quiere saber qué cantidad de urea y superfosfato de Calcio simple va a utilizar para una extensión de 7.5 has., con una fórmula general de fertilización de 80-40-00.
9. ¿Qué fórmula general de fertilización emplean la mayoría de los productores de limón al realizar 3 aplicaciones cada año con 400 gr. de urea, 200 gr. de superfosfato de Calcio triple y 200 gr. de KCl por árbol? Los huertos están plantados a una distancia de 7 m entre árboles con un arreglo en tresbolillos.
10. Un huerto de mango de 1 ha de extensión de la variedad "Haden" con árboles en producción con una edad de 7 años establecidos en marco real a 10 m de distancia, se ha fertilizado con 420 gr de superfosfato simple de calcio y 280 gr de SO_4K_2 por árbol. ¿Cuál es la fórmula de fertilización utilizada?
11. Al ajonjolí se recomienda fertilizar con una fórmula de 80-40-10. Se dispone de sulfato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio ¿Qué cantidad total de fertilizante se requiere para 0.75 has?
12. Según las determinaciones de un grupo de alumnos del curso de Sistemas de Producción Agrícola, el cultivo de la zanahoria se debe fertilizar con la fórmula 120- 100-30. Se cuenta con una parcela de 150 m de longitud y 16 m de ancho. ¿Qué cantidad de sulfato de potasio, fosfato diamónico y urea se necesita?
13. Una pradera de pasto estrella con una extensión de 15 has se fertiliza con la fórmula 180-00-00. Se cuenta con sulfato de amonio en una cantidad de 292.7 Kg, y queremos saber qué cantidad de nitrato de amonio necesitamos para completar la fórmula.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrego, F. (s.f.) *Calidad ambiental de suelos. Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico*. Argentina. Universidad Nacional.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Carter, M. R. Y Gregorich. (2008). *Soil Sampling and methods of analysis*. 2nd Edition. Canadian Society of Soils Science. Taylor & Francis Group, LLC
- Castro, C. (2018). *Tabla Munsell: teoría y práctica*. Colombia: IGAC
- Das, B. M. (2021). *Principles of geotechnical engineering* (10th ed.). Cengage Learning.
- FAO (2024) *Textura del suelo*. <http://www.fao.org/>. Recuperado el 3 de diciembre de 2024 de: https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#:~:text=La%20textura%20indica%20el%20contenido,el%20suelo%20y%20lo%20atraviesa.
- Gee, G. W., & Or, D. (2002). Particle-size analysis. En J. H. Dane & G. C. Topp (Eds.), *Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods* (pp. 255–293). Soil Science Society of America.
- Hillel, D. (2004). *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier Academic Press.
- Instituto Tecnológico de la Zona Maya. (2017). *Manual de prácticas de: EDAFOLOGÍA*. Mexico.
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos*. Nicaragua: Complejo Gráfico TMC.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma.
- Piedrahíta, O. (2009) *Acidez del suelo*. Colombia. Aulas digitales. Magnesios Heliconia S.A.
- Rodríguez, M., Aramendía, A. & Rodríguez, A. (2015). *Prácticas de edafología, Métodos didácticos para análisis de suelos*. España: Servicios de publicaciones Universidad de la Rioja
- Rodríguez, M., Moliner, A. & Maaguer, A. (2015). *Prácticas de edafología Métodos didácticos para análisis de suelo*. España: Servicios de publicaciones Universidad de la Rioja.

Ruz, N. (2018) *Manual de práctica de la asignatura de edafología*. México: Tecnológico Nacional de México.

Sanchez, S. (2022) *Importancia del ajuste de pH en los caldos de aplicación*. Recuperado el 5 de diciembre de 2024 de: <https://tecnicrop.com/blog/importancia-del-ajuste-de-ph-en-los-caldos-de-aplicacion>

SENA. (2013). *Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos*. Colombia

Soil Science Division Staff. (2017). *Soil survey manual* (C. Ditzler, K. Scheffe, & H. C. Monger, Eds.). USDA Handbook 18.

USDA Departamento de Agricultura EEUU. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (versión español)*. ARGENTINA: CRN – CNIA – INTA.

ANEXO – PLAN DE FERTILIZACIÓN



PLAN DE FERTILIZACIÓN DE SUELOS Y FERTIGRAMA

Página 22 de 56

Fecha de impresión: 25/03/2020

Fecha de generación: 23/03/2020

Cliente: LOTE 2 FIDEL CUPERTINO RAMIREZ

Unidad productiva: CIASFA R.L

Identificación de la muestra: 5848

Localización: La Unión ZACAPA

Densidad: 3500 plantas/Mz

| Análisis | No. de orden | No. de laboratorio |
|----------|--------------|--------------------|
| AS-2 | 27-1604 | 5848 |

Cultivo: CAFÉ

Productividad: 150 qq/Mz

Plan de fertilización y enmienda

| Tipo de enmienda | Ciclos de enmienda | Dosis oz/planta | qq/Mz |
|--|--------------------|-----------------|-------|
| 50% Carbonato de Calcio + 50% YESO (Sulfato de Calcio) | 1 año(s) | 6 | 13 |

Primera aplicación

| N | P | K | Fuente recomendada | Cu-Cobre | Fe-Hierro | Mn-Manganeso | Zn-Cinc | S-Azufre | B-Boro | Oz/planta | qq fertilizante/Mz |
|----|---|----|--------------------|----------|-----------|--------------|---------|----------|--------|-----------|--------------------|
| 28 | 0 | 14 | Urea | | | X | | X | X | 3 | 6 |

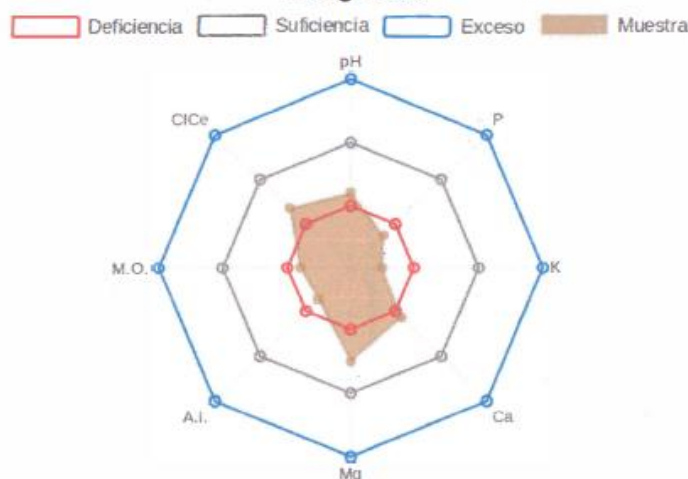
Segunda aplicación

| N | P | K | Fuente recomendada | Cu-Cobre | Fe-Hierro | Mn-Manganeso | Zn-Cinc | S-Azufre | B-Boro | Oz/planta | qq fertilizante/Mz |
|----|----|----|--------------------|----------|-----------|--------------|---------|----------|--------|-----------|--------------------|
| 13 | 10 | 26 | Urea | | | X | | X | X | 3 | 7 |

Tercera aplicación

| N | P | K | Fuente recomendada | Cu-Cobre | Fe-Hierro | Mn-Manganeso | Zn-Cinc | S-Azufre | B-Boro | Oz/planta | qq fertilizante/Mz |
|----|---|----|--------------------|----------|-----------|--------------|---------|----------|--------|-----------|--------------------|
| 28 | 0 | 14 | Urea | | | X | | X | X | 3 | 6 |

Fertigrama



Análisis acreditado Coganor NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-087-18

Este programa ha sido elaborado por Anacafé, con el apoyo del BID LAB.

Importante: El presente plan de fertilización y Fertigrama fueron elaborados exclusivamente con base en la información proporcionada por el cliente y en los resultados de las muestras tal cual fueron recibidas en el laboratorio y, por esta razón, constituyen solamente una orientación que debe ser validada posteriormente con el asesor técnico que visita la unidad productiva. La Asociación Nacional del Café -Anacafé- no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le brinde a esta información. La reproducción parcial o total de estos documentos de serán ser a utorizadas por escrito por Anacafé. Para mayor información consulte al técnico de Anacafé más cercano a su localidad o al 1579 (de lunes a viernes de 8:00 a 12:30 hrs y de 14:00 a 17:00 hrs)



ORDEN: 27 - 1604 ANÁLISIS: AS-2
 CLIENTE: PROYECTO BID-FOMIN 2 FIDEL CUPERTINO RAMIREZ
 UNIDAD PRODUCTIVA: CIASFA R.L
 LOCALIZACIÓN: LA UNIÓN ZACAPA
 CULTIVO: CAFE
 Fecha de Ingreso: 25/02/2020 Fecha de Ejecución: 04/03/2020 18:57

Escanear para validar
autenticidad



Informe de Análisis de Suelos

| Identificación de la Muestra | | mg/L | | Cmol(+)/L | | | mg/L | | Cmol(+)/L | | mg/L | | % | |
|------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------|---------|--------|----------|--------|-----------|-----------------|--------|-----------|------|------------------|
| No. | Niveles Adecuados → | pH | Boro | Fósforo | Potasio | Calcio | Magnesio | Azufre | Cobre | Acidez Intercal | Hierro | Manganeso | Cinc | Materia Orgánica |
| 5848 | LOTE 2 FIDEL CUPERTINO RAMIREZ | 5.72 | 0.17 | 11.17 | 0.10 | 6.29 | 5.67 | 0.47 | 0.58 | 0.22 | 56.22 | 6.68 | 1.38 | 2.40 |

| Identificación de la Muestra | | Porcentaje de Saturación en la CICE | | | | | Equilibrio de Bases | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------|-------|-------|------|---------------------|-------|-------|-----------|
| Muestra | Niveles Adecuados > | **CICE | K | Ca | Mg | A.L. | Ca/K | Mg/K | Ca/Mg | (Ca+Mg)/K |
| 5848 | LOTE 2 FIDEL CUPERTINO RAMIREZ | 12.28 | 0.81 | 51.22 | 46.17 | 1.79 | 62.90 | 56.70 | 1.11 | 119.60 |

| Nomenclatura | |
|---------------|---------------------|
| Al = Aluminio | ■ = Bajo o Fuera de |
| Mg = Magnesio | ■ = Adecuado |
| Ca = Calcio | ■ = Alto |
| K = Potasio | |

**CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Materia orgánica (M.O.): Método de digestión ácida Walkley y Black.

pH: Determinación por potenciometría en relación 1:2.5 Suelo:Agua

Solución extractante para Acidez Intercambiable (A.I.): KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría (H + Al).

Solución extractante para Azufre y Boro: Fosfato ácido de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible.

Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación espectrofotometría de plasma de acoplamiento inductivo ICP.

Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietilentríaminopentacético), cuantificación por espectrofotometría de plasma de acoplamiento inductivo ICP.

Solución extractante para Fósforo: Olsen modificado, cuantificación por espectrofotometría visible.

Solución extractante para Potasio: Olsen modificado, cuantificación por Absorción Atómica.