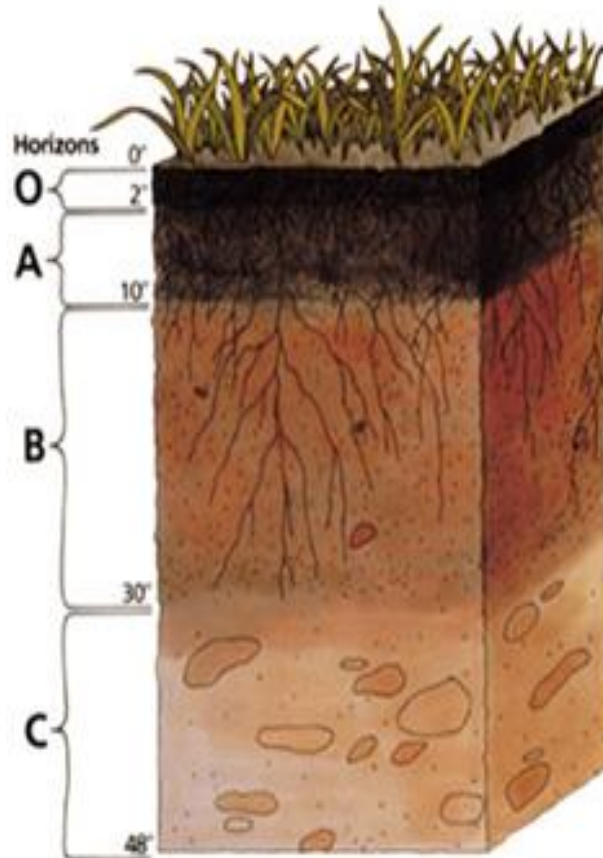




**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE BIOLOGÍA**



***MANUAL PARA EL CURSO DE EDAFOLOGÍA  
LABORATORIO Y CAMPO***



Perfil de suelo

Morelia, Mich., agosto de 2022.



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE BIOLOGÍA**



**MANUAL PARA EL CURSO DE EDAFOLOGÍA  
LABORATORIO Y CAMPO**

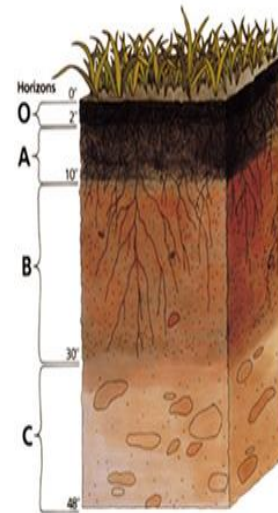
***Profesores fundadores***

MC Arcelia Cabrera González  
Biól. Martha Bustos Zagal  
Biól. Ma. Salud Rosas Murillo  
Biól. Mario Manuel Romero Tinoco  
Biól. Leticia Díaz López

**MANUAL REVISADO Y ACTUALIZADO  
Agosto de 2022**

***Profesores***

M.C. Juan Carlos González Cortes  
Dra. María Alcalá De Jesús  
Biól. Ma. Salud Rosas Murillo  
Dr. Lenin Ejecatl Medina Orozco



Perfil de suelo

***Laboratoristas***

Biól. Ma. Salud Rosas Murillo  
MEyD. Juan Luis Mora R.

## ÍNDICE

<b>Práctica</b>	<b>Tema</b>	<b>Página</b>
1	Interpretación de las cartas Topográfica y Edafológica.	1
2	Muestreo del suelo. Caracterización del sitio, descripción del perfil del suelo y toma de muestras.	7
3	Preparación de muestras para su análisis.	21
4	Color.	23
5	Textura.	26
6	Densidades aparente y real; porosidad.	32
7	Humedad.	37
8	Materia orgánica.	41
9	pH.	43
10	Capacidad de Intercambio Catiónico Total.	45

# PRÁCTICA 1

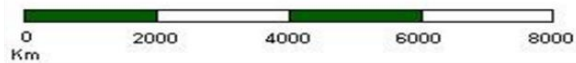
## INTERPRETACIÓN DE LAS CARTAS TOPOGRÁFICA Y EDAFOLÓGICA

### INTRODUCCIÓN

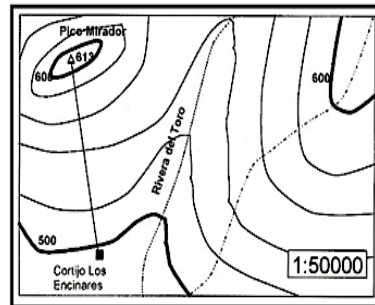
Una carta es la representación gráfica del relieve de la superficie terrestre a una escala definida. Presenta características naturales y artificiales representadas por símbolos, líneas y colores.

**Escala de una carta.** Es la relación fija que existe entre una distancia medida en la carta y su correspondiente en el terreno. Indica las veces que se ha reducido la realidad para ser representada. Mediante segmentos, indica la distancia real que corresponde a cada uno de ellos.

#### Escala gráfica



**Escala numérica 1: 50 000.** Indica la relación entre la realidad y el mapa en forma de cociente, siendo el numerador la distancia sobre el mapa y el denominador la distancia en la realidad.



En el presente mapa se observa una escala numérica de 1:50 000, esto indica que a cada unidad de medida (cm o mm) contada sobre el mapa, le corresponden 50 000 unidades de la misma medida en la realidad.

Si la distancia entre el Pico Mirador y el Cortijo de los Encinares son 6 cm sobre el mapa, en la realidad serán 30 000 cm o 300 m.

#### Tipos de cartas según la escala

1. Escalas grandes: 1/100, 1/25 000. Abarca menos territorio, pero tienen mayor detalle.
2. Escalas medianas: 1/50 000.

3. Escalas pequeñas: 1/500 000 y 1/1000 000. Abarcan más territorio, pero tienen menor detalle.

**Tipos de cartas según el uso (cartas temáticas):** topográfica, hidrológica y geológica, entre otras.

**Carta topográfica.** Es la carta más general, incluye aspectos físicos y humanos, y son la base para la elaboración de las cartas temáticas. Se usan para representar elementos naturales como los ríos, arroyos y cerros, entre otros rasgos así como elementos artificiales como las carreteras y poblaciones, que existen en el espacio. En esta carta destaca principalmente la altimetría dada por el relieve.

## ELEMENTOS DE LA CARTA TOPOGRÁFICA

**Pendiente topográfica.** Es la inclinación que hay de una superficie con respecto a una horizontal (suelo); se expresa en porcentaje o en grados.

**Curvas de nivel.** Son líneas que unen puntos que tienen la misma cota o altitud.

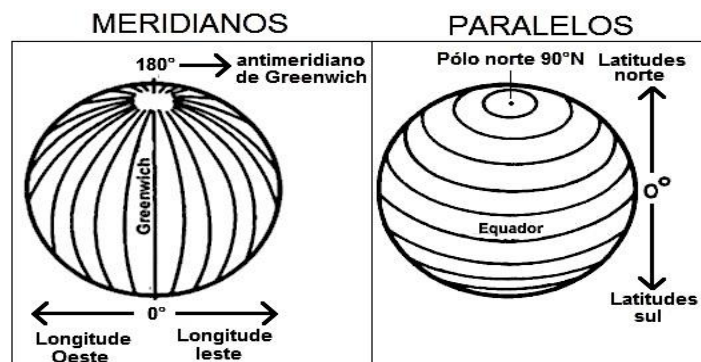
**Curvas maestras.** Son las curvas que contienen el valor de elevación; su color está más remarcado, son de mayor grosor y se encuentran cada cinco curvas; su valor puede ir de 50 en 50 m o de 100 en 100 m de acuerdo con la escala del plano.

**Cota.** Es un número que indica la altura de un punto en el terreno.

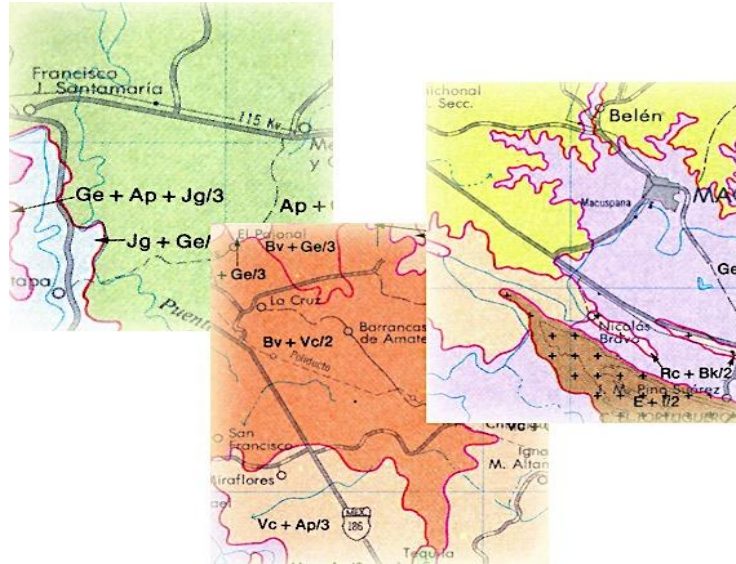
**Coordenadas geográficas.** Son líneas imaginarias trazadas sobre la superficie de la tierra útiles para localizar un punto sobre el planeta; se requiere conocer la latitud y la longitud.

**Latitud.** Distancia que hay entre el ecuador y cualquier paralelo; se mide en grados y su valor máximo es  $90^\circ$ .

**Longitud.** Distancia que hay entre el meridiano de Greenwich y cualquier otro meridiano; se mide en grados y su valor máximo es  $180^\circ$ .



**Carta Edafológica.** Contiene las Unidades y Subunidades de los suelos y sus respectivas claves; los suelos están representados con diferente color y clasificados con la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos (FAO/UNESCO, 1968, modificada por DETENAL, 1970). Cada suelo contiene las características físicas y químicas, y su distribución en el país.



## ELEMENTOS DE LA CARTA EDAFOLÓGICA

### a. Unidades y Subunidades del suelo

Las unidades se denominan por medio de una clave jerarquizada constituida por uno, dos o hasta tres tipos de suelo, ejemplo: **Vp+Lc-ls-n/3** en donde:

**V y L** son Unidades del suelo: **Vertisol y Luvisol**

**p y c** son Subunidades del suelo **pélico y crómico**

### b. Fases físicas

Señalan la presencia de fragmentos de roca y materiales cementados que limitan el uso agrícola del suelo y se dividen en superficiales menores de 50 cm y con profundidad menor de 50 cm.

**Fase petrocálcica y petrocálcica profunda.** Presencia de una capa de carbonatos endurecida (caliche).

**Fase petrogypsica y petrogypsica profunda:** capa cementada con sílice, llamada tepetate.

Las fases físicas se representan por una serie de símbolos como puntos, cruces y círculos.

#### **c. Clase textural**

Indica el tamaño de las partículas del suelo; en la carta Edafológica se representan por números. El número 1 indica que el suelos tiene textura gruesa (arenosa) con más del 65% de arena. El número 2 se refiere a suelos de textura media llamados Francos, están equilibrados en cuanto al contenido de arena, limo y arcilla. El número 3 son suelos arcillosos de textura fina con más de 35% de arcilla.

Ejemplo: **Vp+Lc-ls-n/3** es un Vertisol pélico más un Luvisol crómico - libre de sales con saturación de Na intercambiable menor de 40% y de textura fina (arcillosa).

#### **d. Fases químicas**

Indican la presencia de sales solubles en el suelo que limitan o impiden el desarrollo de los cultivos; hay fases salinas y sódicas.

**Fase Salina.** Es la presencia de salitre o sales solubles como el Ca, Mg, Na, K, carbonatos, sulfuros y cloruros en el suelo.

**Ligeramente salina (ls):** tiene una conductividad eléctrica de 4 a 8 mmhos. Limita el desarrollo de algunos cultivos poco resistentes.

**Moderadamente salina (ms):** presenta una conductividad eléctrica de 8 a 16 mmhos. La mayoría de los cultivos no se desarrollan.

**Fuertemente salina (fs):** tiene una conductividad eléctrica mayor a 16 mmhos. Limita fuertemente el desarrollo de los cultivos.

**Fase sódica.** El suelo presenta altos contenidos de álcalis y gran concentración de Na que impide el desarrollo de los cultivos.

**Sódico (n):** con saturación de Na intercambiable de 15 a 40%

**Fuertemente sódico (N):** con saturación de Na intercambiable mayor de 40%.

## OBJETIVOS

- Identificar y manejar los elementos de la carta Topográfica: escala, coordenadas, rasgos del relieve.
- Reconocer el relieve expresado mediante las curvas de nivel.
- Identificar y manejar los elementos de la carta Edafológica: Unidades y Subunidades de los suelos, fases físicas, fases químicas y clase textural.

## MATERIAL

Cartas Topográfica y Edafológica escala 1:50 000

Regla y/o escalímetro

Lápiz y goma suave de borrar

## ACTIVIDADES

1. De acuerdo con las cartas Topográfica y Edafológica anotar la información correspondiente en los siguientes cuadros.

Cuadro 1. Elementos descriptivos de la carta Topográfica.

Escala			
Coordenadas geográficas de dos sitios.	Localidad	Latitud	Longitud
Equidistancia entre las curvas de nivel.			
Pendiente (%)	Localidad	%	

Cuadro 2. Describir la siguiente simbología con apoyo de la carta Edafológica y la guía para su interpretación.

Clave edafológica	Descripción
To+Th+Lc-ms/2	



Wd+Pp/2	
---------	--

Cuadro 3. Desglose de las claves edafológicas.

Localidad	Clave	Unidad (es)	Subunidad (es)	Fase	Textura

2. Al frente de la carta Edafológica se encuentra la siguiente simbología que corresponde a los sitios en donde se realizaron perfiles de suelo, se describieron y/o determinaron análisis físicos y químicos. Esta información se localiza al reverso de la carta.

- 1)  Perfil con descripción y análisis detallado
- 2)  Punto complementario

Elegir un sitio y tanto la información de campo como de laboratorio que contenga, anotarla en un cuadro.

## PRÁCTICA 2

### MUESTREO DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN DEL SITIO, DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO Y TOMA DE MUESTRAS

#### INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más importantes en el análisis de suelos es el de obtener una muestra representativa del área que se va a estudiar; el éxito o fracaso de este análisis dependerá de la calidad del muestreo.

Se deberán seleccionar lugares que representen el uso dominante del suelo (agrícola, silvícola, forestal y pecuario, entre otros), considerando además que el muestreo debe llevarse a cabo en función de los objetivos.

Para la caracterización de los sitios de muestreo es conveniente hacer recorridos por el área que se desea estudiar para obtener un panorama general de las condiciones físicas y bióticas del lugar (Figura 1).

Los aspectos a considerar en dicha caracterización son: localización geográfica y política, elevación, relieve, drenaje superficial, material parental, clima, vegetación y fauna entre otros.

Al caracterizar el sitio de muestreo se debe hacer una descripción del **perfil de suelo**, considerando que un perfil lo constituyen la serie de capas u horizontes en sucesión natural desde la superficie hasta el material original. Su descripción se refiere principalmente a la determinación y registro de las propiedades y cualidades de los diferentes horizontes que lo forman. **Horizonte:** se define como una capa del suelo paralela a la superficie del mismo, con propiedades producidas por los procesos formadores de suelo; por lo general, se diferencian uno de otro por características que pueden ser vistas o medidas en el campo como el color, la estructura, textura y consistencia, entre otros.

#### MATERIAL

Clisímetro y brújula	Pico, pala recta y cóncava
Carta Munsell	Bolsas de polietileno
Cámara fotográfica con flash	Picetas, ligas
Libreta de campo	Cinta métrica
Marcador de tinta indeleble	Cartulina para rotular el perfil
Formatos para caracterizar el sitio y describir perfiles	Espátula

#### REACTIVOS

Agua Destilada y HCl 1:1

#### OBJETIVOS

- Obtener el criterio para la selección de los sitios de muestreo y la intensidad del mismo
- Caracterizar los sitios de muestreo
- Describir el perfil del suelo

- Realizar la toma de muestras



Figura 1. Sitio de muestreo, perfil de suelo, toma de muestras y etiquetado.

### MÉTODO

La selección de los sitios de muestreo deberá hacerse mediante facetas que se obtendrán de la sobreposición de los mapas temáticos que existen para la región: climático, topográfico, geológico, edafológico y de vegetación (Cuanalo, 1975). Cada faceta se subdividirá en cuadrantes, el número de cuadrantes a muestrear dependerá del porcentaje preestablecido según el grado de detalle del estudio.

Ubicar el sitio de muestreo previamente seleccionado y caracterizarlo de acuerdo con el Formato 1 y 2.

1. Hacer un corte de suelo de 1.5 a 2.0 metros de profundidad, cuyas dimensiones de largo por ancho son de 2 a 1 metro, respectivamente. Procurar que el perfil

quede localizado lejos de caminos, veredas, corrientes u otros que puedan alterar las propiedades del suelo; y orientarse de tal manera que el corte principal quede iluminado por el sol, lo cual facilitará la descripción y la toma de fotografías.

2. Limpiar el perfil y colocar en una parte superior un rótulo con la fecha, número y localidad. Colocar también una cinta métrica dispuesta verticalmente desde la parte superior hacia la base del perfil. Tomar una fotografía del perfil y una representativa del área muestreada (Figura 1).
3. Realizar el muestreo de suelos bajo las siguientes condiciones:
  - Remover y quitar la materia orgánica de la parte superior (residuos de cultivos y abonos) y limpiar el perfil con algunas ramas.
  - Tomar una muestra de suelo de cada horizonte, empezando por el inferior para evitar la contaminación de las muestras.
  - Para la toma de muestras, colocar la pala en la parte inferior del horizonte, tomando porciones de diferentes sitios dentro del mismo horizonte para obtener una muestra homogénea.
  - Etiquetar cada muestra anotando localidad, número de perfil, profundidad, fecha y colector (sección y número de equipo).
4. Describir las características del perfil de acuerdo con el Formato 3 y capturar los datos en el Formato 4.
5. Dar un informe de la información obtenida en el campo de acuerdo con el Formato 5

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**FACULTAD DE BIOLOGÍA**  
**LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA**

**DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO**

**Formato 1**

Descrito por \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Sitio No. \_\_\_\_\_ Perfil No. \_\_\_\_\_

Localidad: Paraje \_\_\_\_\_ Población más próxima \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Coordenadas \_\_\_\_\_ Altitud \_\_\_\_\_

Material originario \_\_\_\_\_

Posición fisiográfica. \_\_\_\_\_ Geoforma y exposición \_\_\_\_\_

Microrrelieve. \_\_\_\_\_ Pendiente (%) \_\_\_\_\_ Grado de desarrollo \_\_\_\_\_

Pedregosidad superficial.

Cantidad \_\_\_\_ Tamaño \_\_\_\_ Forma \_\_\_\_ Clase \_\_\_\_\_

Erosión: Tipo. \_\_\_\_\_ Grado. \_\_\_\_\_ Superficie \_\_\_\_\_

Clima. \_\_\_\_\_ Temperatura. \_\_\_\_\_ Precipitación \_\_\_\_\_

Drenaje: Suelos inundables \_\_\_\_\_ Suelos no inundables \_\_\_\_\_

Riego: No \_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ Fuente de abastecimiento \_\_\_\_\_

Uso del suelo (Tipo de vegetación o asociación vegetal) \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

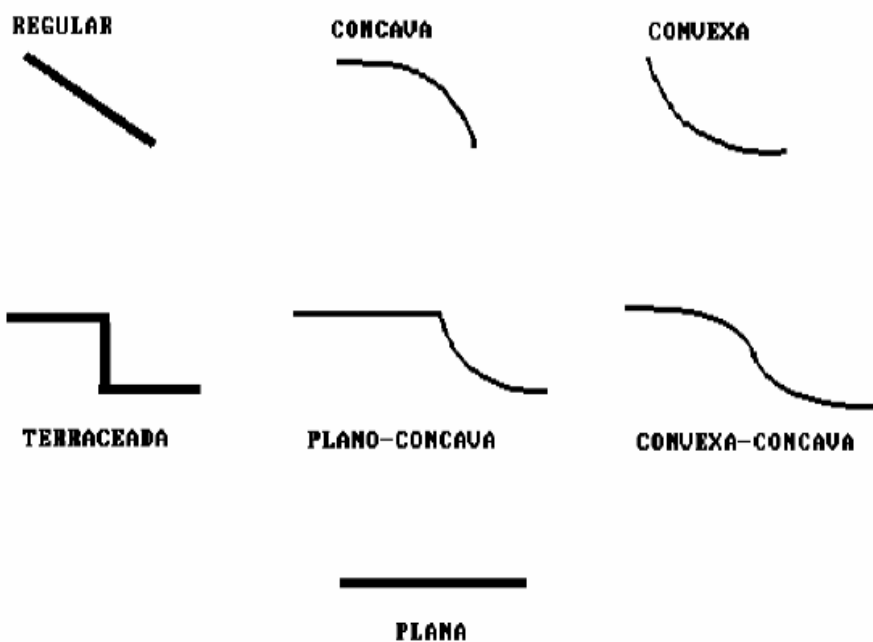
**Características de la pendiente**

PORCENTAJE	
Extremadamente fuerte	>45
Muy fuerte	30 - 45
Fuerte	15 - 30
Moderada	5 - 15
Llano a casi plano	0 - 5

FORMA DE LA PENDIENTE
Regular
Convexa
Cóncava
Terraceada
Plano cóncava
Convexa-cóncava
Plana

GEOFORMA
Barranca
Puerto
Meseta
Ladera de cerro

Formas de la pendiente





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE BIOLOGÍA  
LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA

DESCRIPCIÓN POR HORIZONTES DEL PERFIL DEL SUELO

Formato 3

1. PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE

2. TRANSICIÓN AL SIGUIENTE HORIZONTE

- a) Marcada      b) Media      c) Tenue

3. FORMA DEL LÍMITE

- a) Horizontal      b) Ondulado      c) Irregular

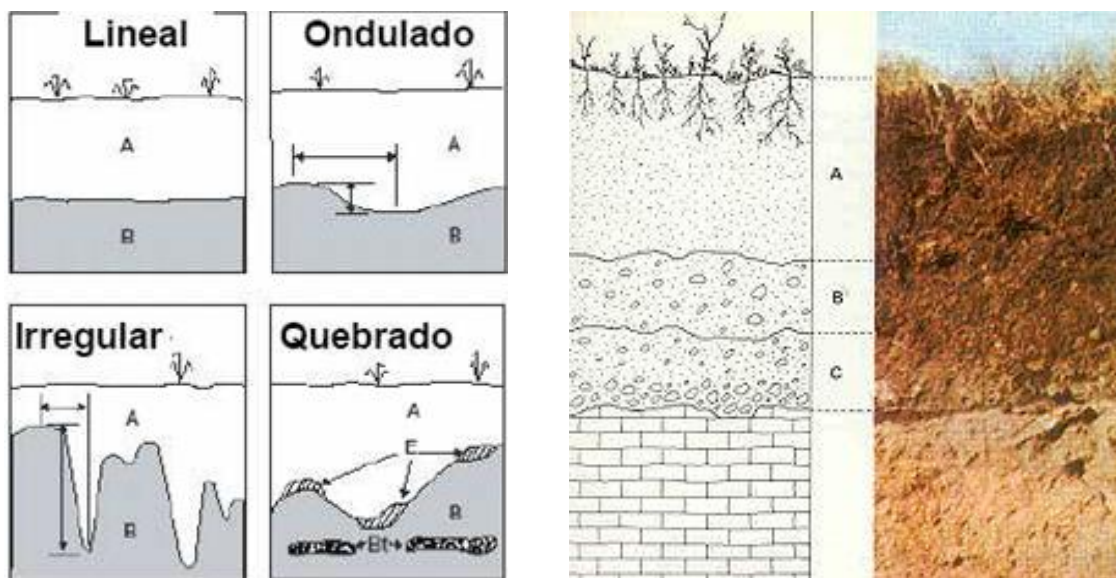


Figura 2. Transición y forma del límite entre horizontes.

4. HUMEDAD

- a) seco      b) ligeramente húmedo      c) húmedo  
d) muy húmedo      e) mojado      f) saturado

5. COLOR MUNSELL

- a) Seco \_\_\_\_\_      b) Húmedo \_\_\_\_\_

## 6. MOTEADO

- |                |          |            |           |
|----------------|----------|------------|-----------|
| A) Contraste:  | a) Tenue | b) Marcado |           |
| B) Abundancia: | a) Poca  | b) Muchas  |           |
| C) Tamaño:     | a) Fina  | b) Media   | c) Grande |

## 7. TEXTURA AL TACTO

Nombre textural \_\_\_\_\_

## 8. PEDREGOSIDAD

### A) Cantidad

- a) Sin piedras 0%
- b) Ligeramente pedregoso 10%
- c) Muy pedregoso 50%
- d) Las piedras son dominantes, más de 75%

### B) Tamaño

- a) Grava, de 2 mm a 1 cm
- b) Piedras pequeñas, de 1 a 5 cm
- c) Piedras medias, de 5 a 10 cm
- d) Piedras grandes, de 10 a 20 cm

### C) Forma

- |            |               |            |
|------------|---------------|------------|
| a) Angular | b) Subangular | c) Redonda |
|            | d) Laminar    | e) Tubular |

### D) Clases de piedras

- |             |              |            |
|-------------|--------------|------------|
| a) Arenisca | b) Caliza    | c) Basalto |
| d) Ceniza   | e) Volcánica |            |

## 9. ESTRUCTURA. Se refiere a los agregados del suelo

### A.- Grado (estabilidad de agregados):

- a. Sin estructura.**- No se observan agregados, puede ser masivo si es coherente o suelta si es incoherente.
- b. Débilmente desarrollada.**- Agregados ligeramente formados.  
Cuando se resquebraja el suelo más de 50% del material no está formando agregados. Es decir, el suelo se rompe en una mezcla de pocos agregados muchos agregados rotos y mucho material sin agregación.
- c. Moderadamente desarrollada.**- Agregados bien formados y definidos pero no se nota en el suelo sin alterar. El de suelo se rompe en una mezcla proporcional de agregados y material sin agregar.
- d. Fuertemente desarrollada.** Más del 50% del material se encuentra formando agregados.

### B.-Tipo (forma de los agregados) (Cuadro 1 y Figura 3).

- a. Laminar.** En la forma de los agregados, los ejes horizontales largo y ancho son mayores que el eje vertical (altura).
- b) Bloques o poliedros.** Los tres ejes son de la misma magnitud con caras planas o curvas.



- c) **Columnar.** Los ejes horizontales son pequeños y considerablemente menores que el vertical.
- d) **Granular.** Partículas no porosas pequeñas de forma esferoidal.
- e) **Migajoso.** Gránulos porosos de forma esferoidal.

Cuadro 1. Clases de estructura (tamaño de los agregados).

Clase/tipo	Laminar y granular	Columnar o prismática	Bloques o poliedros
1. Muy fina	cm < 0.1	cm < 1.0	cm < 0.5
2. Fina	0.1-0.2	1.0-2.0	0.5-1.0
3. Media	> 0.2-0.5	> 2.0-5.0	> 1.0-2.0
4. Gruesa	> 0.5-1.0	> 5.0-10.0	> 2.0-5.0
5. Muy gruesa	> 1.0	> 10.0	> 5.0

< = menor que; > = mayor que.

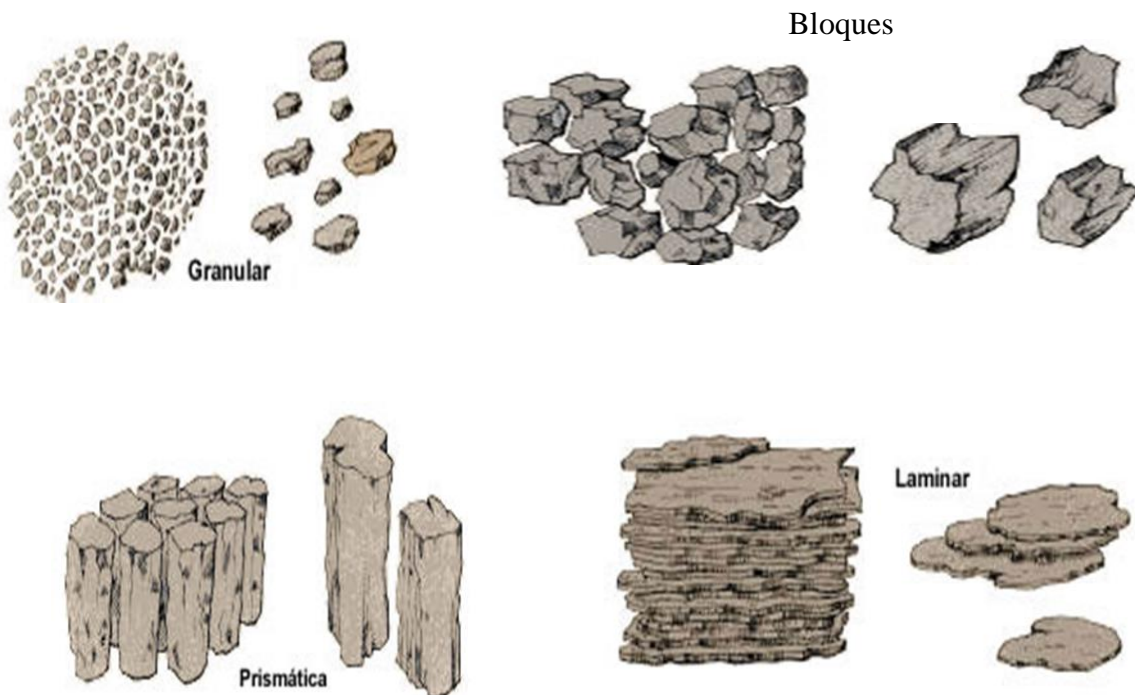


Figura 3. Tipos de estructura.

**10.- CONSISTENCIA.- Se refiere a la resistencia que presenta el suelo a la ruptura o deformación cuando se somete a una presión.**

**A.- SECO:**

- a) **Suelto.**- No coherente
- b) **Blando.**- Es débilmente coherente y frágil, se vuelve polvo o granos individuales bajo presión lenta.
- c) **Ligeramente duro.**- Débilmente resistente a la presión, fácil de romper entre los dedos pulgar e índice.
- d) **Duro.** Moderadamente resistente a la presión se puede romper con la mano, pero difícilmente con los dedos.
- e) **Muy duro.** Muy resistente a la presión, no se puede romper con los dedos.
- f) **Extremadamente duro.**- Extremadamente resistente a la presión, no se puede romper con las manos.

**B. HÚMEDO:** Entre seco y a capacidad de campo.

- a). **Suelto.** No coherente
- b). **Muy friable.** Se desmenuza entre el pulgar y el índice, y se une cuando se comprime.
- c). **Friable.** Se desmenuza fácilmente y no se une cuando se comprime.
- d). **Firme.** Se desmenuza bajo moderada presión
- e). **Muy firme.** Se desmenuza bajo fuerte presión, apenas desmenuzable entre los dedos pulgar e índice
- f). **Extremadamente firme.** Solo desmenuzable bajo una presión muy fuerte. No se desmenuza entre el pulgar e índice y solo se puede romper pedazo a pedazo.

**C. MOJADO:** Un contenido de humedad correspondiente a la capacidad de campo

**a) Adherencia**

- 1) **No adherente.** Al eliminar la presión prácticamente no queda nada de material adherido a los dedos.
- 2) **Ligeramente adherente.** Cuando el suelo se adhiere a ambos dedos pero al separarlos uno de ellos queda casi limpio. No hay estiramiento del material cuando los dedos se separan
- 3). **Adherente.** El material se adhiere a ambos dedos y tiende a estirarse un poco y partirse antes de separarse de cualquiera de los dedos
- 4). **Muy adherente.** Bajo presión del material se adhiere fuertemente a ambos dedos y cuando estos se separan se observa un decidido estiramiento del material.

**b) Plasticidad.**

- 1) **No plástico.** No se pueden formar rodillos.
- 2) **Ligeramente plástico.** Se forma un rodillo pero se deforma fácilmente.
- 3) **Plástico.** Se forma un rodillo pero se requiere moderada presión para deformarlo.
- 4) **Muy plástico.** Se forma un rodillo y se requiere mucha presión para deformar la masa de suelo.

**11. ESTRATOS ENDURECIDOS.**                      **Si**                      **No**

**A) Grado de endurecimiento**

- 1) Moderadamente endurecido.
- 2) Fuertemente endurecido.
- 3) Extremadamente endurecido.

**B) Profundidad a la que se encuentran (cm)**

**12. RAÍCES**

**A) Cantidad**

- a) Muy raras 1 a 3
- b) Raras de 3 a 5
- c) Pocas, de 5 a 10
- d) Comunes, de 10 a 100
- e) Abundantes, de 100 a 500
- f) Extremadamente abundantes, más de 500

**B) Tamaño**

- a) Finas, menos de 1 mm de diámetro
- b) Delgadas, de 1 a 3 mm de diámetro
- c) Medias, de 3 a 10 mm de diámetro
- d) Gruesas, de 10 a 30 mm de diámetro
- e) Muy Gruesas, mayores de 30 mm de diámetro

**13. POROS**

**A) Tamaño**

- a) Finos < 2 mm
- b) Medios de 2 a 5 mm
- c) Grandes, > 5 a 10 mm
- d) Muy grandes, > 10 mm

**B) Forma**

- a) Redondos
- b) Alargados
- c) Grietas o fisuras (Preferencial)

**C) Ubicación**

- a) Inped (dentro de los agregados)
- b) Exped (fuera de los agregados)

**14. REACCIÓN DEL SUELO (pH)** \_\_\_\_\_

**15. DRENAJE INTERNO** \_\_\_\_\_

**16. FAUNA** \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE BIOLOGÍA

GUÍA PARA LA DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

**1. PROFUNDIDAD**

H1	H2	H3	H4	H5	H6

**2. TRANSICIÓN AL SIGUIENTE HORIZONTE**

H1	H2	H3	H4	H5	H6

**3. FORMA DEL LÍMITE**

H1	H2	H3	H4	H5	H6

**4. HUMEDAD**

H1	H2	H3	H4	H5	H6

**5. COLOR MUNSELL**

H1	H2	H3	H4	H5	H6

**6. MOTEADO**

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Contraste						
Abundancia						
Tamaño						

**7. TEXTURA AL TACTO**

H1	H2	H3	H4	H5	H6

**8. PEDREGOSIDAD**

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Cantidad (%)						
Tamaño (mm)						
Forma						
Clase						

**9. ESTRUCTURA**

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Grado						
Tipo						
Clase						

**10. CONSISTENCIA**

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Seco						
Húmedo						
Mojado						
Adherencia						
Plasticidad						

**11. CONCRECIONES E INCLUSIONES DE ORIGEN PEDOGENÉTICO**  
(Estratos endurecidos)

Si NO

**a) Grado de endurecimiento.**

Moderado	Fuerte	Extremo

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Profundidad (cm)						
Ubicación						
Cantidad						

**b) Nódulos o concreciones**

	H1	H2	H3	H4	H5
Color					
Dureza					
Composición					

**12 RAÍCES**

<b>a) Cantidad</b>	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Muy raras						
Raras						
Pocas						
Comunes						
Abundantes						
Extremadamente abundantes						

*MANUAL DE CAMPO Y LABORATORIO DE EDAFOLOGÍA*

<b>b) Tamaño</b>	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Finas						
Delgadas						
Medias						
Gruesas						
Muy Gruesas						

**13. POROS**

<b>a) Tamaño</b>	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Finos						
Medios						
Grandes						
Muy grandes						

<b>b) Forma</b>	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Redondos						
Alargados						
Grietas o fisuras						
Redondos						

<b>c) Ubicación</b>	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Inped						
Exped						

**14. REACCIÓN DEL SUELO (pH)**

H1	H2	H3	H4	H5	H6

**15. DRENAJE INTERNO**

**Suelos inundables**

Todos los años	
Frecuentemente	
Ocasionalmente	

**Suelos no inundables**

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Mal drenados						
Moderadamente drenados						
Bien drenados						
Muy bien drenados						
Extremadamente drenados						

**16. FAUNA**

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
<b>Fauna</b>						

## INFORME DE CAMPO

### DESCRIPCIÓN DEL SITIO No.

Descrito por:

Equipo                      Sección                      Año escolar

Fecha:

Localidad: Paraje

Población más próxima:

Municipio                      Estado

Coordenadas:                      Altitud:

Clima                      Temperatura                      Precipitación

Posición fisiográfica                      Geoforma y exposición:

Microrrelieve:

Pendiente (%)                      Grado:                      Forma:

Material parental:

Vegetación nativa                      forma de vida                      Tamaño                      Cobertura

Vegetación cultivada                      Especie                      Desarrollo del cultivo

Riego: No                      Si

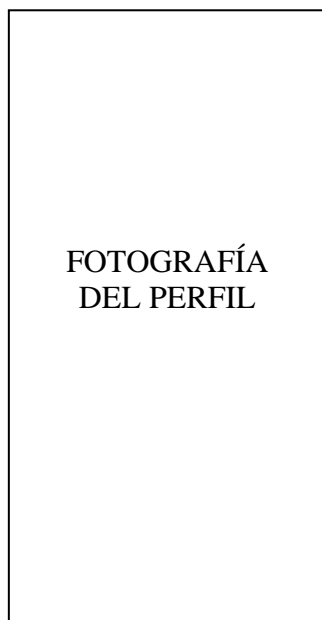
Pedregosidad superficial: cantidad                      Tamaño                      Forma                      Clase

Erosión: Tipo                      Grado                      Superficie erosionada

Profundidad del suelo (cm)                      Grado de desarrollo del perfil

Drenaje superficial

Observaciones



### DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Horizonte 1 (se anota el nombre genético y la profundidad en la que se encuentran); humedad; color en seco (nombre y clave), color en húmedo (nombre y clave); moteado; textura al tacto; estructura (grado, forma, tamaño); consistencia, adherencia, plasticidad; pedregosidad (porcentaje, tamaño de piedras, forma); porosidad; raíces (cantidad y tamaño); reacción al HCl; reacción al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; fauna; drenaje; transición al siguiente horizonte, forma del límite.

Horizonte 2...

Horizonte 3...

**Nota:** la información debe escribirse en el orden que se presenta en este formato. Se puede aumentar o disminuir de acuerdo con la información con la que se cuente.

### PRÁCTICA 3

#### PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS

Antes de iniciar el análisis fisicoquímico del suelo, es de suma importancia hacer un registro adecuado de las muestras, esto evitará confusiones y en consecuencia errores en la interpretación de los resultados. Para ello, es necesario establecer un orden desde el principio y verificar que las muestras estén debidamente etiquetadas con los datos correspondientes.

También es importante hacer una representación a escala del perfil del suelo conocida como microperfil (Figura 4) ya que permite verificar los datos de campo y los resultados de laboratorio, además de constituir un importante material de colección.



**OBJETIVOS**      Figura 4. Microperfiles de suelo Escala 1:3.

1. Registrar y etiquetar las muestras según el orden establecido en el laboratorio.
2. Preparar las muestras para su análisis.
3. Representar en microperfiles las muestras de suelo colectadas.

#### MATERIAL

- Libreta de registro y plumón negro.
- Bolsas de polietileno de 20 x 30 cm.
- Papel periódico.
- Material para elaborar el microperfil.
- Tarjetas de cartulina de 21 x 14 cm.
- Tamiz de malla de 2 mm de abertura.

#### MÉTODO



1. Ordenar los perfiles con sus muestras correspondientes.
2. Numerar progresivamente el total de muestras con el número indicado por el instructor.
3. Registrar en la libreta el número progresivo de cada muestra con los datos del perfil y el horizonte correspondiente.
4. Dividir la muestra de suelo en dos partes y colocarlas por separado sobre papel periódico para su secado. Una parte se secará sin alterar o sea sin romper los agregados y la otra deberá disgregarse totalmente (Figura 5).
5. La muestra inalterada se colocará en la caja previamente preparada para representar el microperfil a escala 1:3. Cada microperfil deberá acompañarse de una tarjeta con la información correspondiente a la caracterización del sitio de muestreo y otra con la descripción del perfil siguiendo los formatos correspondientes indicados en la Práctica 1.
6. En caso de existir piedras se calculará el porcentaje de pedregosidad pesando una cantidad determinada de suelo que representará 100%. Una vez separadas las piedras, éstas se pesan para obtener el porcentaje correspondiente como se muestra enseguida. Indicar el tamaño de las piedras según lo establecido en la Práctica No. 1

$$\text{Pedregosidad (\%)} = \frac{\text{Peso de las piedras}}{\text{Peso total del suelo}} \times 100$$

7. La muestra seca del suelo se coloca en un mortero o recipiente para triturar los agregados; posteriormente se pasa por una malla (tamiz) de 2 mm de diámetro.
8. La muestra tamizada se colocará en una bolsa rotulada con el número progresivo de identificación y con los siguientes datos: número de perfil, profundidad, fecha y nombre de quien colectó. Esta es la muestra de suelo con la que se realizarán los análisis del suelo.



Figura 5. Molido, Tamizado y etiquetado de muestras de suelo.

## PRÁCTICA 4 DETERMINACIÓN DE COLOR EN EL SUELO

### INTRODUCCIÓN

Color es la impresión que produce en la vista la luz reflejada por un cuerpo, en este caso el suelo.

Esta característica sirve para inferir otras menos evidentes: contenido de materia orgánica, grado de aireación y drenaje, entre otras. Es auxiliar en la diferenciación de horizontes y es una característica importante en la identificación y clasificación de suelos.

El color está dado por los materiales orgánicos y minerales del suelo y sufre cambios en la medida que esos materiales cambian en su constitución. También varía con el contenido de humedad, por lo que debe determinarse a dos niveles, seco al aire y a capacidad de campo.

El color se determina por comparación con una carta de colores estándar (Munsell, Color. Co INC, 1958), la cual consta de 175 cuadros de diferente color y montados sistemáticamente de acuerdo con las tres propiedades esenciales del color del suelo: **matiz, luminosidad e intensidad**. Estas variables se combinan para formar la notación específica del color del suelo.

El matiz se representa en el extremo superior derecho de cada lámina y mediante una notación o símbolo. Ésta se forma con un número comprendido entre cero y diez, seguido por las letras iniciales del color del espectro, por ejemplo Y (yellow) y R (red).

La luminosidad corresponde al número localizado en el margen izquierdo de la lámina y en la notación se indica como numerador de un quebrado; el denominador corresponde a la intensidad y se localiza en el margen inferior de la lámina.

### OBJETIVO

Determinar el color del suelo mediante la Tabla de Color Munsell (Figura 6).

### MATERIAL

Carta Munsell

Espátula

Placa de porcelana con cavidades

Frasco gotero de 25 mL

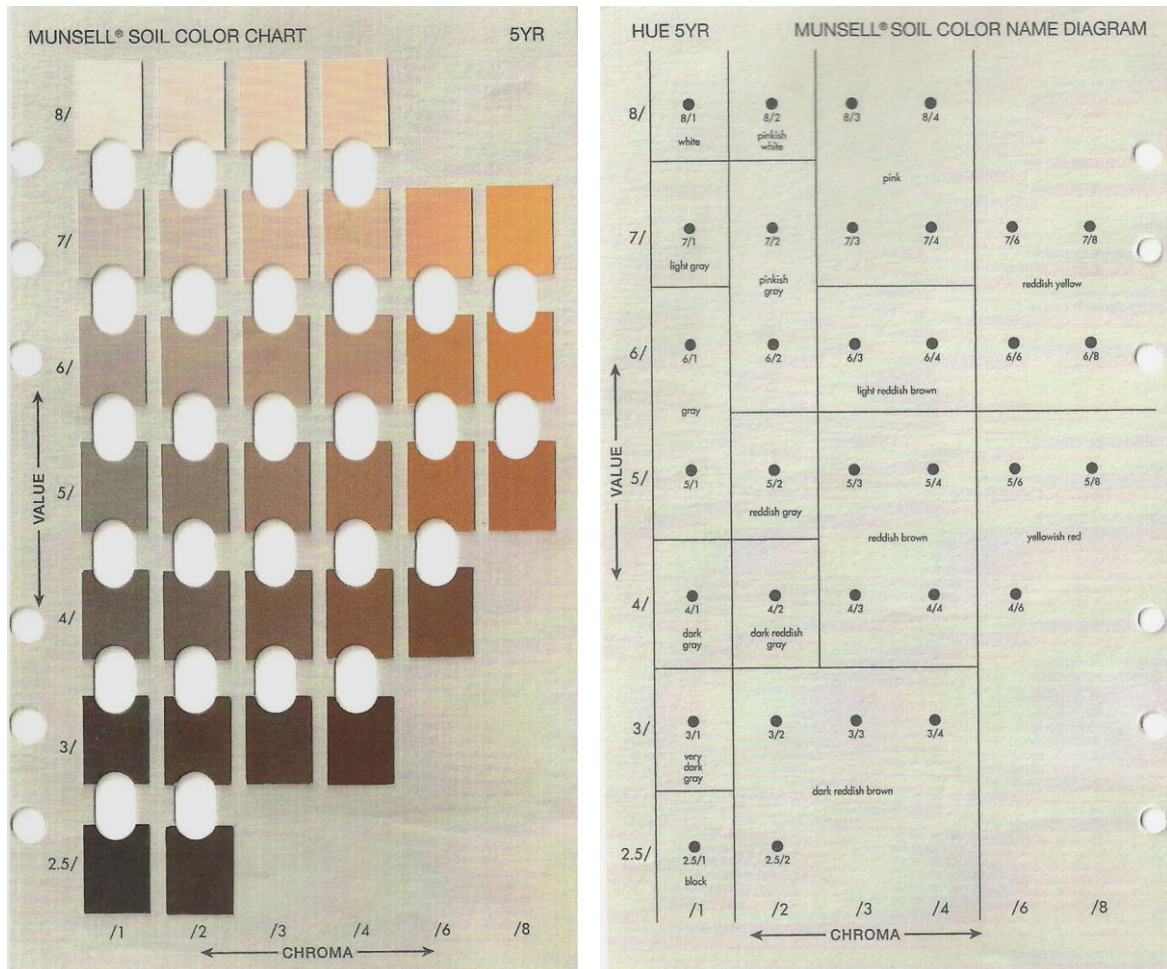


Figura 6. Lámina 5YR de la tabla de colores Munsell.

## MÉTODO

1. Colocar la muestra de suelo en una cavidad de la placa de porcelana, eliminar el exceso de suelo procurando que la superficie sea uniforme.
2. Seleccionar la lámina de matiz apropiado para hacer las comparaciones de color.
3. Colocar la cavidad de la placa debajo de las perforaciones circulares de la lámina y se compara directamente con los cuadros coloreados, hasta encontrar aquél que tenga mayor semejanza con el suelo; reportar el matiz, la luminosidad y la intensidad correspondiente.
4. Las comparaciones de color deben hacerse bajo condiciones homogéneas de luz: se recomienda no hacerlas en condiciones sombreadas, bajo los rayos directos del sol o con luz artificial.
5. Humedecer la muestra con un gotero y repetir la operación para reportar el color.
6. Si en algún horizonte se presentan manchas de colores diferentes, el color básico deberá describir los colores dominantes de las manchas.
7. En colores moteados se debe indicar solamente los colores dominantes o extremos.
8. Si no se encuentran colores exactamente iguales a los de la tabla, deberá seleccionarse el que más se asemeje.
9. Registrar los datos en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Determinación del color.

Fecha _____				
No. de muestra	SECO		HÚMEDO	
	Símbolo	Interpretación	Símbolo	Interpretación

## PRÁCTICA 5 DETERMINACIÓN DE TEXTURAS

### INTRODUCCIÓN

La textura es una propiedad física que se refiere a la proporción en que se encuentran las partículas minerales del suelo, las cuales se dividen según su tamaño en: arenas, limos y arcillas. Su importancia estriba en que es una propiedad determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que se llevan a cabo en el suelo.

Los procesos químicos dependen en gran parte del área superficial total de las partículas, que es donde se efectúan las reacciones del suelo; las fracciones finas presentan la mayor superficie de contacto y por lo tanto, mayor cantidad de intercambio de bases dando como consecuencia suelos de alta fertilidad, que retienen fuertemente el agua, impiden el drenaje y la aireación, y son difíciles de manejar. La importancia de las partículas gruesas es más bien física, pues la predominancia de ellas da como resultado suelos que retienen poca agua, tienen drenaje excesivo, están bien aireados y son de baja fertilidad. Estas condiciones físicas afectan directamente los procesos biológicos.

Existen varios métodos para determinar la textura, pero cualquiera que sea el empleado, el primer requisito es la desintegración de las unidades estructurales dispersando la muestra, el segundo es la prevención de la coalescencia de las partículas (floculación).

El método usado en esta práctica es el del Hidrómetro propuesto por Bouyoucos (1928), se basa en la velocidad de sedimentación de las partículas según la Ley de Stokes.

### OBJETIVOS

- Determinar la textura al tacto y comprobarla mediante el análisis por el método de Bouyoucos.
- Inferir las propiedades físicas y químicas según la textura determinada.

### MATERIAL

Muestras de suelo tamizadas	Hidrómetro
Agitador manual (varilla de vidrio)	Termómetro
Agitador eléctrico	Probetas de 1000 mL
Cronómetro	
Pipetas	

### REACTIVOS

Oxalato de sodio	Agua destilada fría
Metasilicato de sodio	

### MÉTODO

#### A) TEXTURA AL TACTO

1. Examinar el suelo seco con terrones y presionar con los dedos. Los suelos con muchas arenas es raro que presenten terrones, los suelos con mucho limo pueden presentar terrones, pero estos son quebradizos, los suelos con mucha arcilla generalmente son aterronados, usualmente con gránulos y resistentes a la ruptura aún con fuerte presión.



2. Humedecer aproximadamente media cucharada sopera de suelo, hacerlo gradualmente y amasar vigorosamente hasta que quede completamente húmedo (Figura 7). Formar una pequeña bola y finalmente un cilindro comprimido y si se puede una cinta.
  - a) Los suelos ricos en arenas presentan un tacto áspero y mantienen poco la forma de bola y de cilindro excepto cuando hay una gran cantidad de arcilla
  - b) Los suelos ricos en limos son tersos y suaves y hasta untuosos al tacto, usualmente quedan marcadas las huellas de los dedos, pueden mantener la forma de bola y cilindro si hay algo de arcilla.
  - c) Los suelos ricos en arcilla forman desde una bola hasta una cinta delgada (más o menos dos pulgadas de largo; si hay mucha materia orgánica puede parecer al tacto un tanto limoso, pero el color será oscuro)
3. Si se aumenta el contenido de agua hasta saturación note que habrá manchas en los dedos y si se juega entre ellos se sentirá la aspereza de la arena en relación con la tersura del limo y lo pegajoso de la arcilla, se puede separar la arena lavando el contenido cuidadosamente. La arena muy fina presionada entre los dedos da un sonido de molido a diferencia del limo
4. Las siguientes clases texturales solo se sugieren ya que las condiciones en suelos son muy diferentes y dichas clases pueden no presentarse totalmente, intervienen mucho el tipo de arcilla, contenido de materia orgánica, intercambio catiónico y contenido de sales.

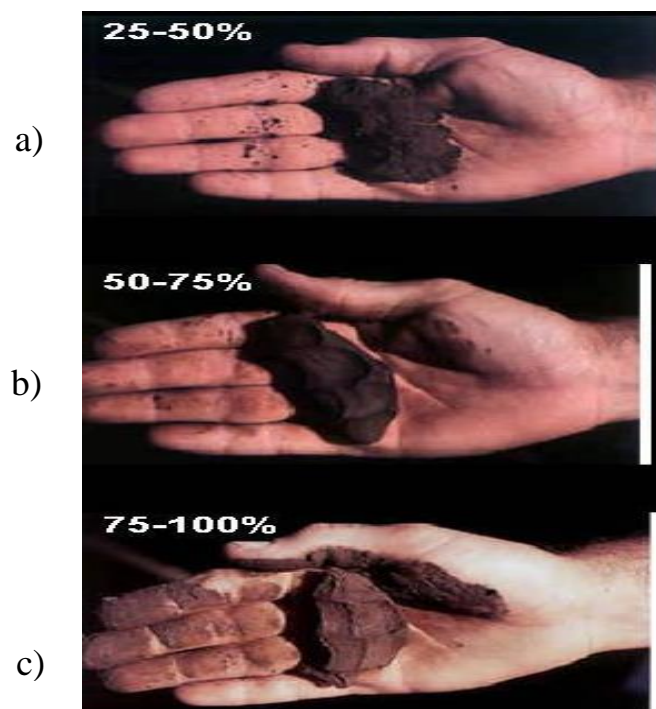


Figura 7. Textura al tacto. a) Arcillosa, b) Franco arcillosa y c) Franco arcillo limosa.

- a) ARENA O ARENA MIGAGOSA. Cuando está seca es suelta o friable, granos aislados, áspera, poco aterronada, poco húmeda forma bola migajosa, no forma cilindro o cinta; muy húmeda no es pegajosa. Puede ser pobre en arcilla, los granos se pueden ver y pueden ser separados con cualquier contenido de humedad.
- b) MIGAJON ARENOSO. Seco presenta terrones que se rompen fácilmente. En húmedo presenta aspereza de moderada a grande, la bola que se forme tiene que ser cuidadosamente; la forma de cilindro o cinta casi no se logra, mojada mancha los dedos; puede ser poco terso o poco pegajoso. Los granos pueden ser vistos aislados en cualquier contenido de humedad.
- c) FRANCO. Esta es una de las clases difíciles de identificar ya que presenta combinadas las características de arena, limo y arcilla, pudiendo sugerir otra textura. Seco presenta terrones fáciles de romper, es algo áspero; húmedo forma una bola firme y una cinta pobre; muestra poco las huellas dactilares: Mojado presenta combinados aspereza, tersura y pegajosidad, mancha los dedos.
- d) LIMO O MIGAJÓN LIMOSO. Los terrones secos presentan moderada dificultad para quebrarse, se rompe súbitamente como si fuera harina que se adhiere a los dedos, imprime muy bien huellas dactilares; muy húmedo al tacto es terso, liso o untuoso. Forma una bola firme puede formar levemente una cinta pero se rompe, mojado es terso con algo de pegajosidad. Si tiene arcilla mancha los dedos, si tiene arena la aspereza es muy evidente.
- e) MIGAJON ARENO ARCILLOSO. Sus terrones secos son algo difíciles de romper, húmedo forma una bola firme que cuando se seca es moderadamente dura, al tratar de formar una cinta esta resiste sosteniendo su propio peso, imprime bien huellas dactilares. Mojado presenta tanto aspereza por la arena como pegajosidad por la arcilla, muy poca tersura por limo. Mancha los dedos.
- f) MIGAJÓN ARCILLOSO. Sus terrones secos se rompen con dificultad, húmedo forma una bola que cuando está seca es moderadamente dura, forma bien una cinta que soporta su propio peso e imprime huellas dactilares. Mojado es moderadamente pegajoso, pero esto domina sobre la aspereza y textura. Mancha los dedos.
- g) MIGAJÓN LIMO ARCILLOSO. Recuerda la migajón limoso, pero es más pegajosa por la arcilla. Los terrones secos se rompen con dificultad. Húmedos imprimen muy bien huellas dactilares, forma una bola muy firme que seca es moderadamente dura. La forma de cinta puede ser muy delgada, mojada mancha los dedos es terso y pegajoso, con muy poca aspereza por arena.
- h) ARCILLA ARENOSA. Seca presenta muchos terrones que se rompen solo con mucha presión forma una bola muy firme que seca es muy dura. Imprime muy bien huellas dactilares, forma una cinta delgada poco áspera.

Mojada mancha los dedos, se oscurece con el agua, usualmente pegajosa y plástica aunque con poca aspereza.

- i) ARCILLA LIMOSA. Seca se ve como la arcilla arenosa, húmeda forma una bola que seca es muy dura, presionando la bola húmeda se forma una cinta larga, delgada y tersa; mancha los dedos y se oscurece con el agua; domina lo pegajoso sobre lo terso, aspereza casi ausente.
- j) ARCILLA. Cuando está seca los terrones no se rompen, aún con mucha presión, húmedo forma una bola muy firme que seca es muy dura, presionando se forma una delgada cinta de dos o tres pulgadas de largo. Mojado mancha los dedos, se moja lentamente y es muy pegajosa, más que tersa y áspera.

### DETERMINACIÓN DE TEXTURAS POR EL MÉTODO DE BOUYOUCOS.

1. Pesar 50 g de suelo tamizado
2. Colocarlo en un vaso del agitador eléctrico agregar 5 mL de oxalato de sodio y 5 mL de metasilicato de sodio y 300 mL de agua destilada (Figura 8).
3. Batir durante 10 minutos.
4. Transvasar a una probeta de 1000 mL y aforar con agua destilada.



Figura 8. Equipo para determinación de la textura.

5. Agitar con la varilla de vidrio durante un minuto
6. Sumergir lentamente el hidrómetro y a los 40 segundos tomar la lectura e inmediatamente la temperatura.
7. Dejar reposar durante dos horas. Tomar la segunda lectura y la temperatura dos.
8. Las lecturas del hidrómetro están en función de la temperatura del agua, por lo que se deben ajustar, usando un factor de corrección, lo cual implica sumar 0.36 por cada grado centígrado arriba de 20 °C ó restar 0.36 si la temperatura es menor



de 20 °C Anotar los datos obtenidos en los pasos 6, 7 y 8 en el Cuadro 3. Mediante las dos lecturas corregidas calcule el porcentaje de arenas, limos y arcillas empleando las siguientes fórmulas:

9. Determinar la clase textural mediante el triángulo de textura de la USDA (Figura 9).

Cuadro 3. Resultado de la textura.

No.	L1	T1	LC1	L2	T2	LC2	Arena %	Limos %	Arcillas %	Clase textural

T1 = Temperatura inicial	T2 = Temperatura final
L1 = 1ª Lectura sin corregir	L2 = 2ª Lectura sin corregir
LC1 = 1ª Lectura corregida	LC2 = 2ª Lectura corregida

**CÁLCULOS**

$$(\% \text{ Limos} + \text{Arcillas}) = \frac{\text{Primera Lectura corregida}}{\text{g de la muestra de suelo}} \times 100$$

$$\% \text{ Arcillas} = \frac{\text{Segunda Lectura corregida}}{\text{g de la muestra de suelo}} \times 100$$

$$\% \text{ Limos} = (\% \text{ Limos} + \text{Arcillas}) - \% \text{ Arcillas}$$

$$\% \text{ Arenas} = 100 - (\% \text{ Limos} + \text{Arcillas})$$

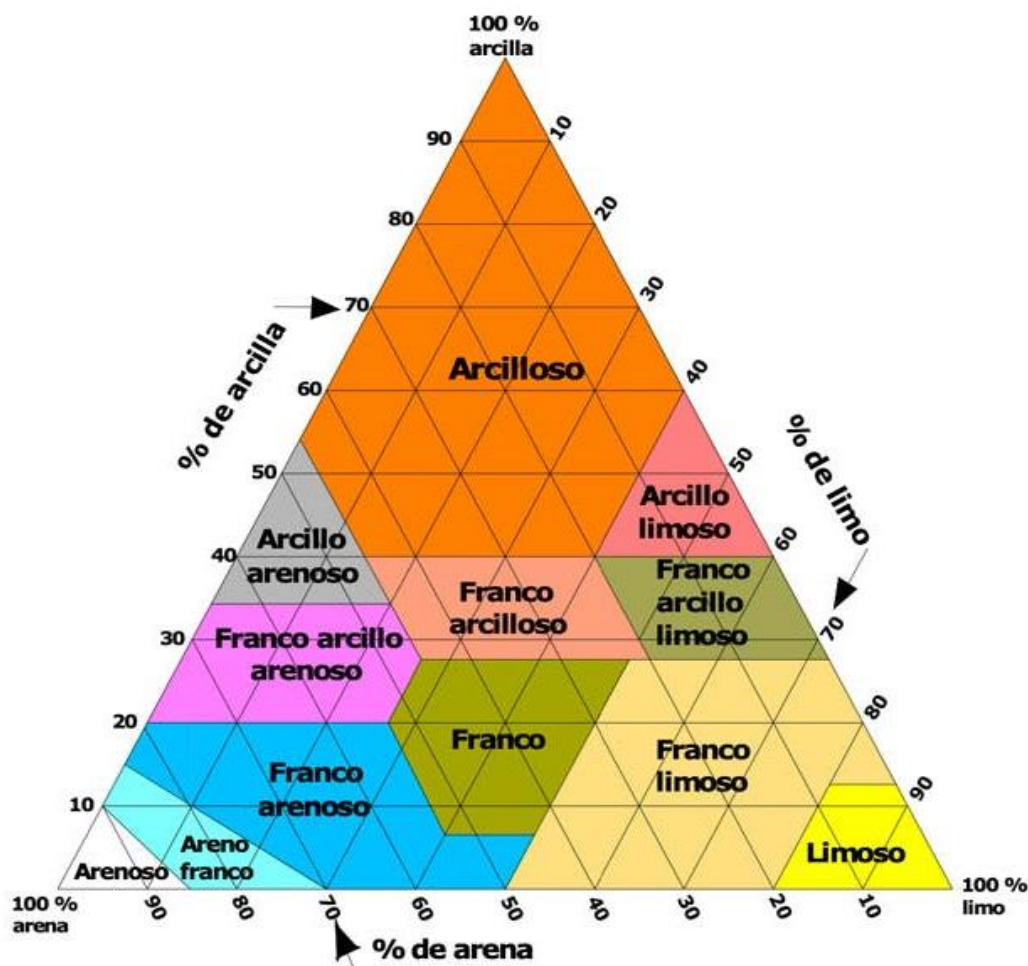


Figura 9. Triángulo de textura de la USDA

Cuadro 4. Interpretación de resultados.

**Altos contenidos de arcilla indican:**

- Mayor capacidad de intercambio catiónico
- Alta disponibilidad de nutrientes
- Mayor agregación de partículas
- Fuerte adhesividad y plasticidad
- Velocidad de infiltración y densidad aparente bajas

**Altos contenidos de arena indican:**

- La CIC es muy baja
- Escasa disponibilidad de nutrientes
- Estructura del suelo poco desarrollada
- Valores altos en cuanto a velocidad de infiltración y densidad aparente

## PRÁCTICA 6 DETERMINACIÓN DE DENSIDADES Y POROSIDAD

### INTRODUCCIÓN

La densidad es por definición, la masa de una unidad de volumen en una sustancia dada. Se expresa en  $\text{g cm}^{-3}$  o  $\text{g mL}^{-1}$

Un término comúnmente empleado e intercambiado con la densidad es la Gravedad Específica, sin embargo, esta es un número abstracto (sin unidades) que se obtiene de dividir la densidad de una sustancia “estándar”. En muchos casos la densidad del agua es tomada como referencia: cuando esto sucede, la densidad y la gravedad específica son numéricamente iguales.

En la determinación de la densidad del suelo se debe considerar que el volumen total del mismo está definido por partículas sólidas (material mineral y orgánico) y por espacio poroso (aire y agua) de tal forma que la masa de un volumen de suelo dado no corresponde a la densidad de las partículas.

La densidad en la cual se considera el volumen total del suelo (partículas sólidas y espacio poroso) se denomina **densidad aparente** y aquella que solo concierne a las partículas sólidas, **densidad real o densidad de las partículas**. Así la densidad real en cualquier suelo es constante (aproximadamente  $2.65 \text{ g cm}^{-3}$ ) a menos que haya una considerable variación en el contenido de materia orgánica o composición mineralógica. En cambio, en la densidad aparente varían según el espacio poroso que exista entre las partículas.

**El Espacio poroso**, en condiciones naturales está ocupado por aire y agua, la cantidad de uno varía inversamente con la cantidad del otro. La condición del suelo en la cual el espacio poroso está completamente lleno de agua se denomina **suelo saturado**, mientras que los suelos en los que el espacio poroso no tiene agua se denominan **suelos secos**. Ninguna de estas condiciones conduce al óptimo crecimiento de las plantas.

### OBJETIVOS

- Determinar el peso del volumen ocupado por la fracción sólida
- Determinar el espacio poroso.

### DENSIDAD APARENTE METODO DE LA PROBETA (DA)

#### MATERIAL

Balanza granataria  
Probeta graduada de 10 mL  
Agua fría de la llave.

### MÉTODO

1. Pesar la probeta vacía (P1) (Figura 10)
2. Agregar suelo hasta la marca de **10 mL**
3. Pesar nuevamente (P2)
4. Golpear la probeta exactamente 5 veces sobre la palma de la mano. Anotar el volumen (V)
5. Registrar los datos en el Cuadro 5a



Figura 10. Balanza digital y probeta graduada para la densidad Aparente del suelo.

### CÁLCULOS

$$DA = \frac{M}{\text{Volumen total}} = \frac{P2 - P1}{V}$$

Donde:

DA = densidad aparente (g cm<sup>-3</sup>)

M = masa del suelo (g)

Cuadro 5a. Resultados densidad aparente con probeta (DA)

No. de muestra	P1	P2	volumen	Densidad aparente
	g	g	mL	g cm <sup>-3</sup>

## DENSIDAD APARENTE POR EL MÉTODO DE LA PARAFINA

### MATERIAL

Agregado de suelo  
Hilo  
Parafina  
Vaso de precipitado  
Agua  
Balanza  
Cúter

### MÉTODO

1. Tomar un agregado sin alterar secado a temperatura ambiente
2. Redondear el agregado con un cúter lo mejor posible sin romperlo
3. Amarrar el terrón con hilo y pesarlo (W1).
4. Derretir la parafina en un recipiente meter el terrón en la sustancia hasta verificar que esté bien cubierto y pesarlo (W2).
5. Pesar el terrón con parafina en un recipiente con agua (Figura 11)
6. Registrar los datos en el Cuadro 5b.



Figura 11. Peso del terrón con parafina en agua

### CALCULOS

$$\text{Vol. Total} = \frac{W2}{0.89 \text{ g/cm}^{-3}} - \frac{W3}{1 \text{ g/cm}^{-3}}$$

$$\text{DAP} = \frac{W1}{\text{Vol. Total}}$$

Cuadro 5b. Resultados de densidad aparente con parafina (DAP)

No. de muestra	W1	W2	W3	Densidad
	g	g	g	g cm <sup>-3</sup>

## DENSIDAD REAL

La densidad de las partículas se determina normalmente con el picnómetro, en esta práctica se sustituirá por un matraz aforado.

### MATERIAL

Balanza analítica

Matraz aforado de **50 ó 100 mL**

Agua fría de la llave

### MÉTODO

1. Pesar el matraz: anotar el peso (W1)
2. Pesar 10 o 20 g de suelo según el matraz utilizado.
3. Vaciar el suelo en el matraz aforado y pesar nuevamente (W2)
4. Agregar 20 o 40 mL de agua de la llave, asegurándose de no mojar la parte exterior del matraz.
5. Agitar durante cinco minutos dando un movimiento de rotación suave al matraz para desalojar el aire.
6. Agregar agua hasta aforar.
7. Pesar nuevamente (W3)
8. Tirar el contenido del matraz y enjuagar
9. Aforar el matraz con agua de la llave y pesar. (W4).
10. Registrar los datos en el Cuadro 6



### CÁLCULOS

$$D. REAL = \frac{W2 - W1}{(W4 - W1) - (W3 - W2)}$$

Donde:

D. REAL = densidad real (g cm<sup>-3</sup>)

Cuadro 6. Resultados densidad real del suelo.

No. de muestra	W1	W2	W3	W4	Densidad Real
	g	g	g	g	g cm <sup>-3</sup>

### DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD

Se hará directamente de los valores obtenidos de la densidad aparente y de la densidad real.

$$\text{Espacio poroso} = 100 - \left[ \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \right] \quad (100)$$

Cuadro 7. Resultados de la porosidad.

No. de muestra	Densidad real	Densidad Aparente	Porosidad
	g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	%

**PRÁCTICA No. 7**  
**HUMEDAD DEL SUELO**

**INTRODUCCIÓN.**

El contenido del agua en los suelos tiene efectos sobre la formación la erosión y la estabilidad estructural, pero lo más importante es la disponibilidad del agua para el crecimiento vegetal. Para optimizar su uso debemos conocer cómo se comporta el agua en el suelo y como medir el contenido y pérdida de la misma, puesto que un suelo almacena agua pero también la deja escapar.

El agua se mantiene en el suelo en contra de la fuerza de gravedad debido a fuerzas de atracción entre los átomos de hidrógeno del agua y los átomos de oxígeno de la superficie mineral del suelo o de otras moléculas de agua. Esta atracción del hidrógeno del agua por el oxígeno de los minerales se conoce como Adhesión; la atracción de los átomos de hidrógeno del agua con los átomos de oxígeno de otras moléculas de agua de considerable espesor son mantenidas en la superficie de las partículas del suelo.

Como las fuerzas que retienen agua en el suelo son fuerzas de atracción superficial, entre mayor superficie de adsorción tenga un suelo (arcilla y materia orgánica, mayor es la cantidad absorbida de agua.

- a) **Agua Higroscópica.** Es la retenida con una tensión mayor de 31 atmósferas. No es aprovechable por las plantas, pero la pueden utilizar algunas bacterias.
- b) **Agua al punto de marchitez permanente.** Es la retenida con una tensión aproximada de 15 atmósferas, fuerzas que se considera el límite entre el agua aprovechable y no aprovechable por las plantas.
- c) **Agua a capacidad de campo.** Es la retenida con una tensión mínima de 1/3 de atmósfera. Cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad cuando se le deja drenar libremente.
- d) **Agua de saturación.** Corresponde al porcentaje de humedad en el suelo saturado. En estas condiciones los poros se encuentran totalmente ocupados por agua. Entre la capacidad de campo y este punto, el agua no es aprovechable por los cultivos a la falta de oxígeno, rebasar este contenido de humedad implica pérdidas por lixiviación.

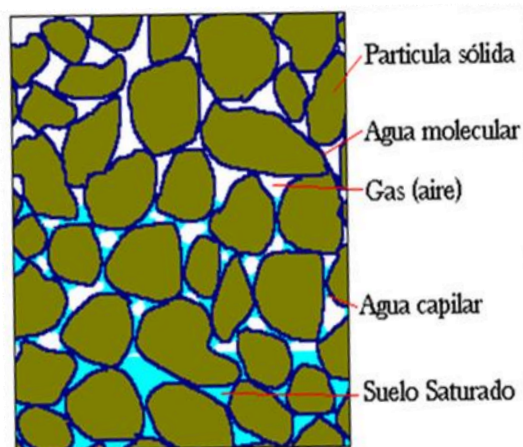


Figura 12. Suelo y su relación con el agua.



## OBJETIVOS

Calcular los parámetros hídricos en el suelo: punto de saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, agua aprovechable y humedad higroscópica.

## MATERIAL

Recipiente de plástico  
Espátula  
Soporte universal  
Bureta

## MÉTODO

**A) Punto de saturación.** El porcentaje e saturación se obtendrá en forma cuantitativa, preparando una **pasta de saturación** y midiendo el volumen de agua necesario para la saturación.

1. Pesar 50 g de suelo y colocarlo en el recipiente de plástico (Figura 13).
2. Agregar agua de la llave con la bureta (Cuando considere que está a punto de saturación el agua se deberá agregar por mililitro, mezclar hasta obtener una pasta con las siguientes características:
  - a) Deberá deslizarse libremente de la espátula a excepción de los suelos muy arcillosos (si son suelos de textura fina o arcilloso reducir al mínimo el movimiento de mezclado para evitar condiciones fangosas).
  - b) Fluirá suavemente cuando el recipiente esté inclinado.
  - c) En las depresiones de la superficie no deberá colectarse agua libre al dejar reposar.
3. Dejar reposar la pasta una hora y rectificar la saturación.

Si la pasta se endurece o pierde su brillantez, mezclar con más agua hasta obtener la consistencia mencionada (fluida y brillante. Si la pasta está muy húmeda o tiene agua en la superficie agregue suelo).



Figura 13. Pasta de saturación del suelo.

4. Anotar el gasto de agua en mililitros (Cuadro 8) y calcular el porcentaje de saturación.

$$\% \text{ de saturación} = \frac{\text{mL de agua gastados}}{\text{peso del suelo seco}} \times 100$$

Cuadro 8. Determinación del punto de saturación.

Peso del suelo	Agua absorbida	Punto de saturación
g	mL	%

**B) Capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua aprovechable.**

Para estas determinaciones existen métodos de laboratorio basados en la medida de tensión de equilibrio de la humedad del suelo, con el uso de una copa porosa de arcilla (tensiómetro).

Otro método se basa en los cambios de conductividad eléctrica según la humedad del suelo.

De manera indirecta se pueden estimar en función de la textura del suelo, mediante la siguiente relación.

$$CC = (0.027 \times \% \text{ Arenas}) + (0.187 \times \% \text{ Limos}) + (0.555 \times \% \text{ Arcilla})$$

$$PMP = \frac{\% \text{ de CC}}{2}$$

$$AA = \% (CC - PMP)$$

En donde:

CC = Agua a capacidad de campo (%)

PMP = Agua al punto de marchitez permanente (%)

AA= Agua aprovechable (%)

**C) Humedad higroscópica**

Se calcula por diferencia de pesos entre el suelo seco al aire y el suelo seco en la estufa a 105 °C a peso constante.

$$HH = \text{Peso del suelo seco al aire} - \text{Peso del suelo secado en la estufa}$$

En donde:

HH = Humedad higroscópica (%)

Cuadro 9. Interpretación de resultados de la humedad aprovechable

Clase	Humedad aprovechable %
Baja	Menor de 6
Media	7 – 10
Alta	Mayor de 10

Cuadro 10. Determinación de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y humedad aprovechable.

No. de muestra	Arena %	Limo %	Arcilla %	Arena x 0.027	Limo x 0.187	Arcilla x 0.555	CC %	PMP %	AA %	HH %

**PRÁCTICA No. 8**  
**DETERMINACIÓN DE pH EN EL SUELO.**

**INTRODUCCIÓN**

El pH de una solución acuosa se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno en solución.

El suelo presenta reacciones básica, ácida o neutra, dependiendo del grado de saturación de bases de los coloides y de la composición de la solución del suelo, entendiéndose por solución del suelo el agua que circula en él; y que es el vehículo en el cual se disuelven las sales. Si existe en la solución del suelo una relación de iones ( $H^+$ ) igual a la de los iones oxidrilo ( $OH$ ) como sucede en el agua, la reacción es neutra, pero si aumentan los iones H la reacción pasa a ser ácida dependiendo de la intensidad de predominio de estos iones sobre los iones OH, por el contrario, si dominan estos últimos sobre los iones H, la reacción es básica o alcalina.

La acidez que expresa la relación de ácidos o bases de la solución del suelo se llama “acidez activa”, y la acidez que refleja el grado de saturación de bases o hidrógeno del coloide mismo se conoce como “acidez potencial”.

La reacción del suelo tiene gran importancia en el desarrollo vegetal y de la flora microbiana; ya que el rango óptimo de pH favorable para las plantas debe ser moderado (Figura 14) ya que influye directamente en la solubilidad y asimilación de los elementos nutritivos del suelo. Es una característica del suelo estrechamente relacionada con el clima de la región.

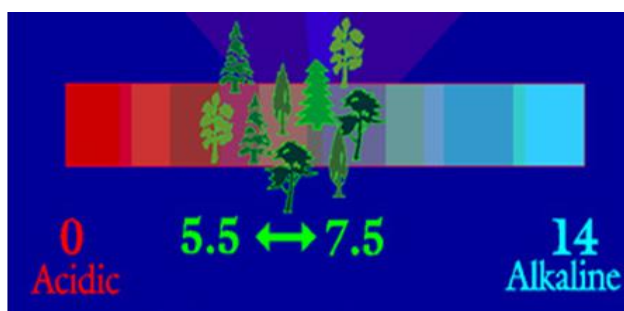


Figura 14. Intervalo de pH favorable para las plantas.

**OBJETIVO**

Determinar el pH del suelo a dos diferentes concentraciones.

**MATERIAL**

- Potenciómetro
- 2 vasos de precipitados
- Balanza granataria
- Probeta de 50 mL

**REACTIVOS**

- Solución buffer de pH conocido
- Agua destilada



Figura 15.

**MÉTODO**

En este método utilizaremos el potenciómetro (Figura 15) y una solución de suelo en agua destilada fría en relaciones 1:2.5 y 1:5

1. Pesar 10 g de suelo y colocarlos en un vaso de precipitado
2. Agregar 25 mL de agua destilada.
3. Agitar con una varilla de vidrio durante 15 minutos y reposar.
4. Leer en el potenciómetro previamente calibrado
5. Agregar nuevamente 25 mL de agua destilada
6. Agitar 5 minutos
7. Leer nuevamente en el potenciómetro
8. Anotar los datos en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Resultados del pH.

No. de muestra	1:2.5	Interpretación	1:5	Clase

Cuadro 11. Clasificación del pH.

Clase	
Extremadamente ácido	Menos de 4.3 - 5
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Extremadamente alcalino	Mayor de 9.0

## PRÁCTICA 9 DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

### INTRODUCCIÓN

La materia orgánica (MO) es un constituyente del suelo de gran trascendencia, juega un papel importante en muchas propiedades del suelo: Agregación, capacidad de retención del agua, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y fertilidad entre otros.

Diversos elementos nutrientes se derivan casi totalmente de la MO, tal es el caso del nitrógeno, del azufre y del boro entre otros.

Los suelos superficiales minerales contienen por lo general de 0.5% a 6.0% de MO. La cantidad más baja se encuentra en climas de suelos árido- cálidos y la más alta en suelos de climas húmedos y fríos. La MO posee aproximadamente un promedio de 5% de nitrógeno y 52% de carbono. La relación entre carbono y nitrógeno (C: N) es de 10.4:1 (52/5), lo cual se considera como valor medio para suelos cultivados y de pastizal.

La determinación de MO puede basarse en cualquiera de los siguientes métodos:

1. Pérdida de peso al remover la MO de la fracción mineral. Este método está sujeto a errores y es tardado.
2. Determinación de algún constituyente de MO que esté presente en un porcentaje relativamente constante como el carbono.

Existen varios métodos para determinar el carbono, el que se utilizará en esta práctica es un **método de combustión húmeda**, basado en la oxidación del ácido crómico para la determinación de material fácilmente oxidable utilizando el calor espontáneo de la reacción del ácido sulfúrico.

### OBJETIVO.

Cuantificar el contenido de materia orgánica en el suelo

### MATERIAL

Matraz erlenmeyer de 250 mL (Figura 16)

Piceta

Bureta de 25 mL

Probeta graduada

Vasos de precipitados de 100 mL

Pipetas de 10 mL

### REACTIVOS

Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1N

Sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ) 0.5 N

Ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ )

Indicador de Difenilamina ( $C_{12}H_{11}N$ )

Ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ )

Agua destilada



Figura 16. Matraz erlenmeyer.

**MÉTODO**

1. pesar 0.5 g de suelo y colocarlo en el matraz erlenmeyer de 250 mL (0.2 g para horizontes orgánicos y 0.5 g para horizontes subsuperficiales).
2. Simultáneamente se debe realizar un ensayo de valoración en blanco (sin suelo).
3. Añadir 5 mL de dicromato de potasio 1N mezclando perfectamente.
4. Agregar 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, agitar cuidadosamente por un minuto cuidando que el suelo no quede adherido a las paredes del matraz fuera del contacto con el reactivo.
5. Dejar reposar 20 minutos para que se complete la reacción
6. Diluir la solución con aproximadamente 100 mL de agua. Esta dilución del ácido produce un aclaramiento en la suspensión, con el que se ve mejor el punto final y se hace un volumen conveniente para la titulación.
7. Añadir 3 mL de ácido fosfórico y 3 gotas de indicador de difenilamina.
8. Dejar que el suelo sedimente, **decantar la muestra.**
9. Titular la muestra decantada con sulfato ferroso 0.5 N. Momentos antes del punto final pasa por un color azul turbio y cambia finalmente a color verde esmeralda.
10. Anotar los datos en el Cuadro 13 y calcular el porcentaje de MO mediante la siguiente fórmula:

$$\text{M.O. (\%)} = \frac{(\text{mL de K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - (\text{mL de FeSO}_4 \times \text{N} \times \text{Fc}_-))}{\text{g de muestra}} \times 0.69$$

$$\text{Factor de Corrección (Fc)} = \frac{10}{\text{mL de Fe}_2\text{SO}_4 \text{ gastados en el blanco}}$$

Cuadro 12. Clasificación de la materia orgánica.

Clase	%
Muy pobre	Menor de 0.6
Pobre	0.6 - 1.8
Media	1.9 - 2.4
Alta	2.5 - 4.2
Muy alta	Mayor de 4.2

Cuadro 13. Resultados de la materia orgánica.

No. muestra	Fc	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	M.O.	Clase
		mL	mL	%	



**PRACTICA 10**  
**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO**  
**DEL SUELO**

**INTRODUCCIÓN**

La capacidad de intercambio catiónico se refiere a la propiedad que tienen los coloides del suelo para absorber iones, principalmente cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  (Figura 17), que desde el punto de vista edafológico cumplen funciones nutritivas para las plantas.

La fracción del suelo que posee esta propiedad, son las arcillas coloidales y en mayor proporción los coloides orgánicos o humos. Esta propiedad (CIC) es una expresión del número de sitios de absorción de cationes por unidad de peso del suelo y en general se define como la suma total de cationes.

Su determinación se basa en la saturación de los sitios de absorción intercambiables con un solo catión ( $\text{NH}^+$  o  $\text{Ca}^{2+}$ ) valorando posteriormente la cantidad total de cationes absorbidos.

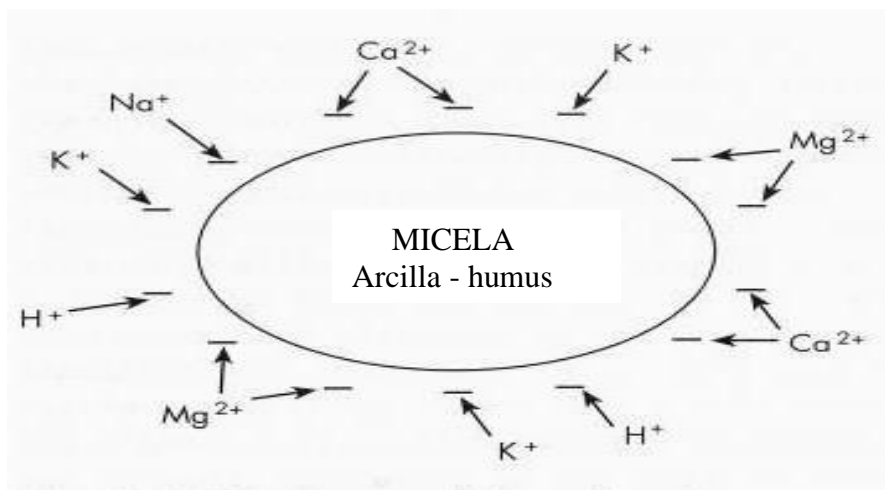


Figura 17. Micela de Arcilla o humus.

**OBJETIVO**

Determinar la capacidad de intercambio catiónico total en el suelo.

**MATERIAL**

Balanza analítica	Matraces Erlen-Meyer de 250 mL
Centrífuga	2 vasos de precipitado de 250 mL
Tubos de centrífuga	1 Bureta, 3 goteros
Agitadores de vidrio	Pipetas de 10 mL

**REACTIVOS**

- Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) 1N pH 7
- Indicador de Eriocromo negro T
- Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) 1N pH 7
- Ciánuro de potasio ( $\text{KCN}$ ) al 2%
- Alcohol etílico
- EDTA 0.02N ( $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$ )

Solución Buffer pH 10  
Hidroxilamina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ) al 4% en alcohol metílico

### MÉTODO

1. Colocar 1 g de suelo a cada muestra en un tubo de centrífuga
2. Agregar cloruro de calcio 1 N con una piceta a la mitad del tubo, y agitar con una varilla hasta homogeneizar la muestra
3. Agregar cloruro de calcio 1 N hasta cerca del cuello del tubo de centrífuga y centrifugar a 1500 rpm (revoluciones por minuto) durante tres minutos (Figura 18).
4. Decantar y tirar el sobrenadante, repetir 3 veces la misma operación.
5. Colocar alcohol etílico aproximadamente a la mitad del tubo, agitar con la varilla de vidrio hasta homogeneizar la muestra.
6. Agregar más alcohol etílico hasta cerca del cuello del tubo centrifugar a 1500 rpm durante 3 minutos.
7. Tirar el sobrenadante. Repetir esta operación 3 veces desechando el sobrenadante en cada caso.
8. Agregar cloruro de sodio 1 N hasta la mitad del tubo, homogeneizar con la varilla de vidrio.
9. Completar con cloruro de sodio 1 N hasta el cuello del tubo y centrifugar 3 minutos a 1500 rpm.
10. **NO TIRAR EL SOBRENADANTE**, recibirlo en un matraz erlenmeyer. Repetir la operación 3 veces, aforar a 30 mL con la misma solución de cloruro de sodio 1 N.
11. **TITULAR ESTA SOLUCIÓN** realizando lo siguiente:
  - a) Tomar una alícuota de 10 mL del extracto obtenido y colocarlo en un matraz erlenmeyer.
  - b) Agregar 5 mL de solución buffer pH 10
  - c) Agregar 5 gotas de hidroxilamina al 4%
  - d) Agregar 5 gotas de cianuro de potasio al 2%
  - e) Agregar 5 gotas de indicador de ericromo negro T
  - f) Titular con EDTA 0.02N, hasta el vire a color azul.
  - g) Anotar los mL de EDTA gastados en la titulación en el Cuadro 14.



Figura 18. Centrífuga.

**CALCULOS**

$$\text{CIC} = \frac{\text{mL de EDTA} \times \text{N EDTA} \times \text{Fc} \times 5}{\text{g de muestra de suelo}} \times 100 = \text{cmol (+) kg}^{-1}$$

En donde

CIC = capacidad de intercambio catiónico (cmol (+) kg<sup>-1</sup>)

Fc = Factor de corrección

**Factor de corrección (Fc)**

1. Colocar 5 mL de cloruro de calcio 0.02 N y 5 mL de cloruro de sodio 1 N en un vaso de pp.
2. Adicionar 5 mL de solución Buffer pH 10
3. Cinco gotas de cianuro de potasio 2% y cinco gotas de hidroxilamina al 4%
4. Cinco gotas de eriocromo negro T
5. Titular con EDTA 0.02 N hasta el vire de color azul.

**CÁLCULOS**

$$\text{Factor de Corrección (Fc)} = \frac{5}{\text{mL de EDTA gastados}}$$

Cuadro 14. Resultados de la capacidad de intercambio catiónico.

No. de muestra	Fc	EDTA	CIC	Clase
		mL	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	

Cuadro 15. Clasificación de la CICT del suelo.

Clase	cmol(+) kg <sup>-1</sup>
Muy baja	12
Baja	13 a 20
Media	21 a 30
Alta	31 a 45
Muy alta	Mayor de 45

Realizar un informe de las propiedades físicas y químicas del suelo obtenidas en el laboratorio de acuerdo con el Formato 6.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Aguilera H. N., I. Domínguez. Análisis de Suelos. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Buckman, H O. y N. C. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. UTHEA. México.

Cuanalo C., E. 1975. Manual para la descripción de perfiles de suelos en el campo. Rama de suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo México.

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 1973. Servicio de Conservación de Suelos. Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras. Ed. Trillas, S.A. México.

Grande, L. R. 1974. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas. Depto. de suelos. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Millar, C. E. 1996. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 4ª edición. C.E.C.S.A. México.

Ortiz S., A. C., Cuanalo C. E. 1981. Introducción a los levantamientos de suelos. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Palmer G. 1977. Introducción a la Ciencia del Suelo. Manual de laboratorio, 2ª edición. Libros y editoriales, S.A. México.

Personal de Laboratorio y Salinidad de los EUA. 1982. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6ª edición. Ed. Limusa. México.

# ANEXOS

Cuadro de resultados de los análisis físicos y químicos

**Formato 6**

LOCALIDAD \_\_\_\_\_

Perfil No \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Cuadro 19a. Resultado de los análisis físicos del suelo.

TEXTURA			Clase textural	Dap	DR	Poros	PS	HUMEDAD DEL SUELO				COLOR DEL SUELO			
A	L	R						SECO	Simbolo	Intepre tación	HÚEMDO	Símbolo	Intepre tación		
%	%	%		g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	%		CC	PMP	AA	HH				

A: arenas, L: limos, R: arcillas; Dap: densidad aparente; DR: densidad real; PS: porcentaje de saturación; CC: capacidad de campo; PMP: punto de marchitez permanente; AA: agua aprovechable; HH: humedad higroscópica.

Cuadro 19b. Resultado de los análisis químicos del suelo.

Muestra	pH 1:2.5	Clase	pH 1:5	Clase	MO	Clase	CO	Capacidad de intercambio catiónico	
								CICT	cmol(+) kg <sup>-1</sup>
					%				

MO: materia orgánica; CICT: capacidad de intercambio catiónico total.