

## ***LA TEXTURA DEL SUELO***

---

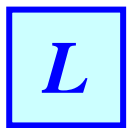
### ***CAPÍTULO 7***

#### ***CONTENIDO***

- ❖ Definiciones
- ❖ Evaluación de la textura del suelo
  - Determinación de la textura del suelo por sedimentación
    - Bases teóricas
    - Determinación por el método de Bouyoucos
  - Evaluación de la textura del suelo en el campo
    - Propiedades del separado arena
    - Propiedades del separado limo
    - Propiedades del separado arcilla
    - Procedimiento
    - Limitaciones del método del tacto para determinar la textura del suelo
- ❖ La arcilla dispersa en el suelo

#### ***OBJETIVOS***

- ❖ Conocer la textura como propiedad física fundamental del suelo
- ❖ Conocer los métodos más comunes existentes para determinar la textura del suelo, así como sus limitaciones
- ❖ Conocer las propiedades y la importancia de las diferentes partículas del suelo



a textura es una propiedad exclusiva de la fase sólida del suelo y, más específicamente, de la fracción inorgánica de aquella. Es, además, una propiedad fuertemente dependiente del material parental del suelo.

## 1. DEFINICIONES

La **textura** es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la **tierra fina**, en el suelo; estas partículas, llamadas **separados**, se agrupan en tres clases, por tamaños: **Arena (A)**, **Limo (L)** y **Arcilla (Ar)** y son definidas como se muestra en la Tabla 7.1, según varias instituciones internacionales.

**TABLA 7.1.** Definición de los separados del suelo. (Generalizado parcialmente de Montenegro y Malagón, 1990).

SEPARADO	RANGO DE DIÁMETRO DE PARTÍCULA ( mm )		
	USDA	ISSS*	DIN y BSI**
<b>ARENA</b>	2 - 0.05	2 - 0.02	2 - 0.08
<b>LIMO</b>	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002	0.08 - 0.002
<b>ARCILLA</b>	< 0.002	< 0.002	< 0.002

\* Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

\*\* DIN: Instituto Alemán de Estándares; BSI: Instituto Británico de Estándares.

En la tabla anterior, se observa la coincidencia que hay entre los diferentes sistemas, al establecer el límite de tamaño para las arcillas. Ésto obedece a las notorias diferencias de comportamiento físico-químico de estas partículas, con respecto a las de la arena y el limo, pues éstas son prácticamente inertes, desde el punto de vista químico, en tanto que las arcillas se comportan como coloides cargados eléctricamente; también, se observa que no hay un límite estandarizado entre la arena y el limo, lo cual demuestra que su definición es, hasta cierto punto, arbitraria y que tiene un objetivo eminentemente práctico. El sistema de clasificación más aceptado en nuestro medio es el que propone el USDA, el cual subdivide los separados en los rangos que se exponen en la Tabla 7.2.

**TABLA 7.2.** Clasificación de los separados del suelo, según el sistema USDA. (Tomada parcialmente de Mejía, 1983).

SEPARADO	RANGO DE DIÁMETRO DE PARTÍCULA	
	mm	µm
Arena muy gruesa	2 - 1	2000 - 1000
Arena gruesa	1 - 0.5	1000 - 500
Arena media	0.5 - 0.25	500 - 250
Arena fina	0.25 - 0.1	250 - 100
Arena muy fina	0.1 - 0.05	100 - 50
Limo grueso	0.05 - 0.02	50 - 20
Limo medio	0.02 - 0.005	20 - 5
Limo fino	0.005 - 0.002	5 - 2
Arcilla gruesa	0.002 - 0.0002	2 - 0.2
Arcilla fina	< 0.0002	< 0.2

El tamaño de las partículas que predominan determina la textura del suelo; se dice que un suelo es de **textura gruesa** cuando las partículas predominantes son de tamaño grande; en cambio, los suelos de **textura fina** son aquellos cuyas partículas predominantes son las de menor tamaño; además, las distintas partículas difieren bastante en cuanto a sus propiedades físico-químicas, por lo cual, la naturaleza de los suelos minerales está determinada, en gran parte, por el grupo de separados que predominan en él.

La textura del suelo tiene especial significado en: aireación, movimiento del agua, retención de humedad, retención y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes y con ellos en su productividad, erodabilidad, uso y manejo.

## 2. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO

Existen dos métodos generales para la determinación de la textura del suelo: a) **por sedimentación** y b) **al tacto**.

### 2.1. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO POR SEDIMENTACIÓN

#### 2.1.1. Bases teóricas

Este método consiste en dejar sedimentar una muestra de suelo en un medio líquido durante un determinado tiempo, al cabo del cual se cuantifica la cantidad de partículas de un determinado tamaño que hay en suspensión; la medida de las partículas en suspensión se hace directamente en la suspensión, por medio de un **hidrómetro** (que es un densímetro), o muestreando aquella con una pipeta y cuantificando, posteriormente, la cantidad de material extraído.

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

$$V = \frac{2(Dr - \delta_w) g r^2}{9\eta} \quad [7.1]$$

Donde: V: Velocidad de caída:  $\text{cm s}^{-1}$ .

Dr: Densidad de partículas:  $\text{g cm}^{-3}$ .

$\delta_w$ : Densidad del líquido (agua en este caso):  $\text{g cm}^{-3}$ .

g: Aceleración de la gravedad:  $\text{cm s}^{-2}$ .

r: Radio de la partícula: cm.

$\eta$ : Viscosidad del líquido:  $\text{g cm}^{-1} \text{s}^{-1}$ .

Para que la relación anterior tenga validez, deben cumplirse algunas condiciones como:

- ❑ Total **dispersión** de las partículas del suelo durante todo el tiempo que dure el proceso de sedimentación, es decir, que no se presente **floculación** durante la determinación.
- ❑ Que todo el proceso de sedimentación se lleve a cabo a temperatura constante.
- ❑ Que la concentración de la suspensión sea lo suficientemente diluida, de modo que no afecte significativamente la viscosidad.
- ❑ Que el recipiente en el cual se efectúa la sedimentación, tenga un diámetro lo suficientemente grande, como para evitar la atracción de sus bordes sobre las partículas.

Las condiciones anteriores llevaron, entonces, a calibrar un hidrómetro que permitiera estandarizar el método y establecer correcciones en aquellos casos en que se presentaran desviaciones en las condiciones experimentales ideales; estas condiciones de calibración se basan en varios supuestos:

- ❑ Las partículas del suelo son esféricas y presentan igual densidad.
- ❑ Se asume una densidad de partículas igual a  $2.65 \text{ g cm}^{-3}$ .
- ❑ Las partículas se sedimentan en caída libre.
- ❑ No se presenta turbulencia en la suspensión.
- ❑ Todas las partículas que están sedimentando, tienen tamaños mayores al tamaño de las moléculas de agua.

El hidrómetro estandarizado para este análisis es el **ASTM-152H** (Forsythe, 1975) y las condiciones analíticas para las cuales fue calibrado son:

- ❑ Temperatura de  $19.4^{\circ}\text{C}$ .
- ❑ Densidad de partículas de  $2.65 \text{ g cm}^{-3}$ .
- ❑ El medio de suspensión es agua pura, por lo cual  $\delta w = 1 \text{ g cm}^{-3}$  y que  $\eta = 0.01 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

Cuando se utilizan otros hidrómetros y/u otras condiciones de trabajo, diferentes a las expuestas, se deben hacer las respectivas correcciones; para ampliar los criterios expuestos, anteriormente, pueden consultarse algunos textos como Baver et al (1973), Forsythe (1975), Bowles (1982), Arango (1985), Montenegro y Malagón (1990), entre otros.

## 2.1.2. Determinación por el método del hidrómetro o de Bouyoucos

### 2.1.2.1. Procedimiento

Para establecer la textura del suelo por este método, en análisis de rutina y con suelos que tengan bajo contenido de materia orgánica ( $< 5\%$ ), se llevan a cabo las siguientes acciones (ver implementos en la Figura 7.1):

- Se pesan 50 g de suelo, cernido por tamiz de 2 mm y seco al aire, siempre que no se note arenoso, caso en el cual se pesan 100 g de suelo.
- Se coloca el suelo en el vaso de una batidora (especialmente diseñada para no moler el suelo), se le agregan 10 a 20 mL de dispersante y se bate durante 10 minutos.
- Se transfiere la suspensión anterior a un cilindro graduado de 1000 mL, se lava el vaso con agua destilada y se completa el volumen del cilindro.

- Se agita la suspensión unas 10 veces, vigorosamente, con un émbolo de caucho y se deja reposar, tomando registro del tiempo a partir del momento en que se retire el émbolo.
- A los 40 s de reposo se hace la primera lectura con el hidrómetro apuntando, además, la temperatura de la suspensión; con esta lectura se calcula el contenido de arena (A%) con la Fórmula [7.2].
- Al terminar la lectura de los 40 s, se retira el hidrómetro y se deja en reposo la suspensión hasta completar 2 horas. Al cabo de éstas, se introduce nuevamente el hidrómetro y se hace otra lectura; se toma también la temperatura; con esta lectura se calcula el contenido de arcilla (Ar%), utilizando la Fórmula [7.3].
- A continuación, se calcula el contenido de limo (L%) con la Fórmula [7.4].
- Los porcentajes obtenidos se llevan al triángulo textural (ver Figuras 7.4 y 7.5) y se define la clase textural correspondiente a la muestra tratada.
- En las Figuras 7.2 y 7.3 se presentan dos modelos de formulario para consignar los resultados que se van obteniendo en este análisis textural.



**FIGURA 7.1.** Implementos utilizados para la determinación de la textura del suelo por el método del hidrómetro.

Las fórmulas a utilizar para establecer los contenidos de los separados del suelo, son:

$$A (\%) = 100 - \left( \frac{\text{Lectura corregida } 40s}{\text{Peso muestra}} \times 100 \right) \quad [7.2]$$

$$Ar (\%) = \frac{\text{Lectura corregida } 2h}{\text{Peso muestra}} \times 100 \quad [7.3]$$

$$L (\%) = 100 - [A (\%) + Ar (\%)] \quad [7.4]$$

Código de la muestra	Lectura a los 40 s			Lectura a las 2 h		
	Hidrómetro	Temperatura (°C)	Hidrómetro corregida	Hidrómetro	Temperatura (°C)	Hidrómetro corregida

**FIGURA 7.2.** Formulario para consignar los resultados de la determinación de la textura del suelo por el método del hidrómetro.

Código de la muestra	Contenido de los separados (%)			Clase Textural
	Arena	Limo	Arcilla	

**FIGURA 7.3.** Formulario para registrar la información requerida para establecer la clase textural de un suelo.

Para llevar a cabo la dispersión de la muestra se utilizan sales de **sodio**; en casos especiales de suelos con altos contenidos de materia orgánica, de óxidos de hierro, de carbonatos de calcio o de compuestos hidrofóbicos, hay que someter la muestra a pretratamientos para eliminar dichos componentes; para esto, se utilizan diferentes compuestos químicos y/o procedimientos mecánicos, cuya descripción escapa a los objetivos de estas notas, pero que pueden consultarse en Forsythe (1975), Suárez y Gómez (1976), Montes y Delgado (1977), Escorcía y Gaviria (1981), Giovannini et al (1983), entre otros.

Las lecturas del hidrómetro corresponden a la cantidad de material sólido que se encuentra en suspensión, a la altura del centro de volumen del hidrómetro, en g L<sup>-1</sup>, es decir, mide una densidad; como la temperatura afecta la densidad, el hidrómetro ha sido calibrado previamente para trabajar a temperatura de 19.4 °C (67 °F). Cuando esta condición de temperatura no se

cumple, hay que corregir la lectura, agregándole o restándole 0.2 unidades a ella, por cada grado centígrado de temperatura, por encima o por debajo de la temperatura de calibración que se registre, respectivamente.

#### 2.1.2.2. Manejo de los resultados

Para facilitar el manejo de la información obtenida en el análisis textural descrito anteriormente, las diferentes cantidades en que se presentan los separados del suelo han sido agrupadas en doce (12) **clases texturales**. Se trata de incluir en cada clase aquellos suelos que, aunque presentan diferentes cantidades de arena, limo y arcilla, las presentan en proporciones tales que su comportamiento físico, químico y mecánico no difiere apreciablemente entre ellos.

Los rangos de variación de las clases texturales se presentan en la Tabla 7.3 y están representados en el **triángulo textural** (Figura 7.4). La nomenclatura utilizada para nombrar las clases texturales ha sido establecida por el USDA (Soil Survey Division Staff, SSDS, 1993). Para determinar la clase que le corresponde a un suelo dado, se ubican los porcentajes de arena, limo y arcilla en el respectivo eje del triángulo, se proyecta en él dicho valor, siguiendo la dirección indicada por la flecha, hasta que las tres líneas se intercepten determinando un punto; la clase en la cual queda comprendida dicha intersección es la clase textural del suelo analizado; así por ejemplo, a un suelo que presente 40% de arena, 30% de limo y 30% de arcilla, le corresponde la clase textural Franco arcillosa.

El término utilizado para definir una clase textural implica el separado dominante en la textura; así, en un suelo Arcillo limoso, el separado dominante es la arcilla, ya que es el separado que encabeza el nombre de la clase textural; el suelo **Franco** es aquel cuyos separados están en una proporción tal que ninguno de ellos domina las propiedades del suelo; desde el punto de vista de la planta, esta clase textural es la que presenta un mejor equilibrio entre sus separados.

**TABLA 7.3.** Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos.

CLASE TEXTURAL	RANGO (%) EN EL CONTENIDO DE		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
<b>Arenosa</b>	<b>100 – 85</b>	<b>15 – 0</b>	<b>10 – 0</b>
Arenosa franca	90 – 70	30 – 0	15 – 0
Franco arenosa	85 – 43	50 – 0	20 – 0
<b>Franca</b>	<b>52 – 23</b>	<b>50 – 32</b>	<b>27 – 7</b>
Franco limosa	50 – 0	87 – 50	27 – 0
Limosa	20 – 0	100 – 80	12 – 0
Franco arcillo arenosa	80 – 45	28 – 0	35 – 20
Franco arcillosa	45 – 20	53 – 15	40 – 27
Franco arcillo limosa	20 – 0	73 – 40	40 – 27
Arcillo arenosa	67 – 45	20 – 0	55 – 35
Arcillo limosa	20 – 0	60 – 40	60 – 40
<b>Arcillosa</b>	<b>45 – 0</b>	<b>40 – 0</b>	<b>100 – 40</b>

El triángulo textural de la Figura 7.4 ha sido generalizado de varias formas, tratando de agrupar clases texturales en **familias texturales** (Figura 7.5a) y éstas, a su vez, en **grupos texturales**, con base en la fracción predominante en la textura (Figura 7.5b).

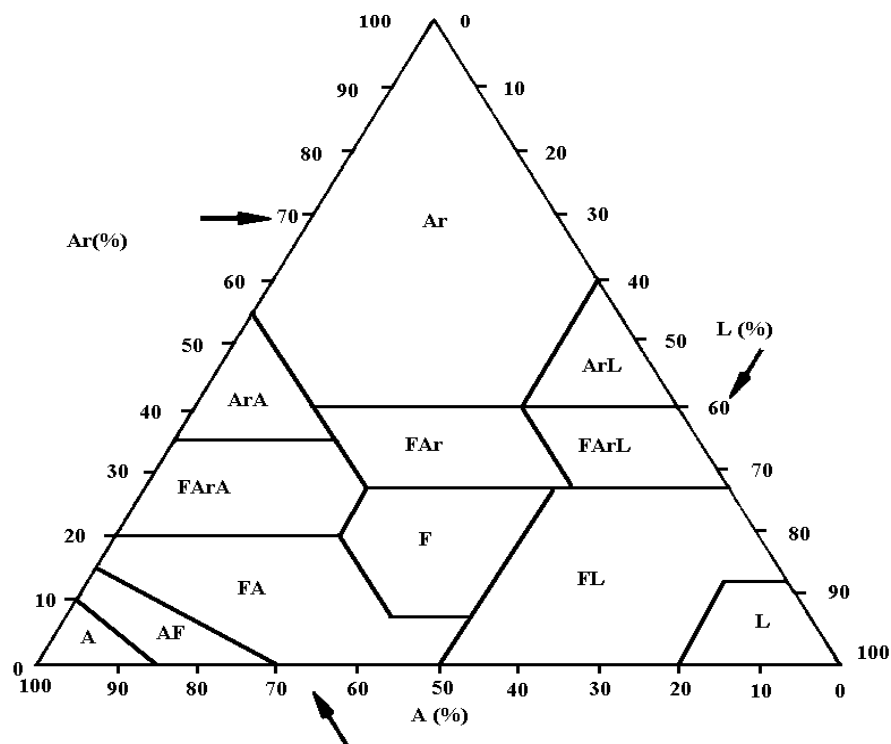


FIGURA 7.4. Triángulo de las clases texturales del suelo (Tomado de SSDS, 1993).

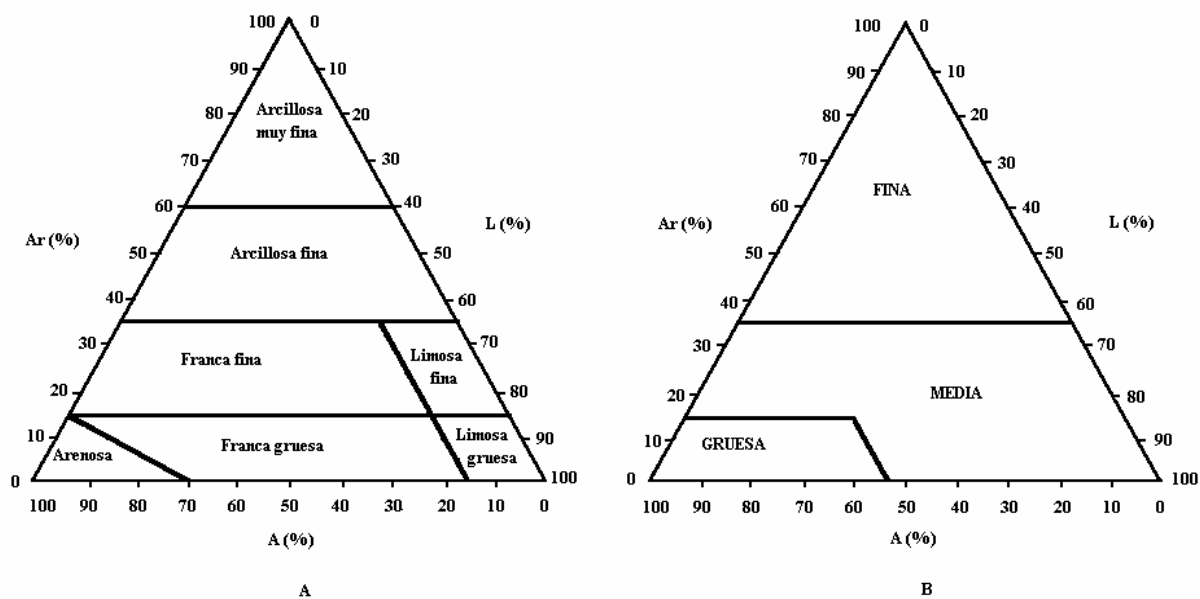


FIGURA 7.5. Generalizaciones de las clases texturales del suelo, según el USDA. A: Familias texturales. B: Grupos texturales. (Tomados de Mejía, 1983)



### *2.1.2.3. Limitaciones del método de Bouyoucos para determinar la textura del suelo*

Aunque la determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos es recomendada para los análisis de rutina, tiene algunas limitaciones en su aplicación, para ciertos casos especiales, como son :

- ❑ No permite establecer la **curva granulométrica** de los suelos.
- ❑ La dispersión de ciertos suelos, como los **Andisoles** y algunos **Oxisoles**, no se obtiene con el método estandarizado, por lo cual, los resultados del análisis no son válidos; sucede lo mismo con suelos que presentan altos contenidos de materia orgánica; para obtener la dispersión en estos suelos se requiere de un pretratamiento especial de la muestra, el cual no se efectúa en los análisis de rutina.

## **2.2. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO EN EL CAMPO**

Esta determinación es bastante importante en trabajos de reconocimiento de suelos, donde hay que realizar gran número de observaciones y de descripciones de perfiles de suelos, en períodos de tiempo cortos, que no dan espera para llevar a cabo determinaciones en el laboratorio. Además, los altos costos implicados no hacen viable esa posibilidad.

También, es importante este método para caracterizar la textura de suelos difíciles de dispersar, como son los Andisoles o los Oxisoles; a este respecto, Mejía (1983) considera que para muchos suelos, de estos órdenes, la textura determinada al tacto es más confiable, que la determinada en laboratorio por los métodos convencionales.

Este método consiste en establecer la clase textural del suelo, basada en la observación de la respuesta de este al ser sometido a manipulación en diferentes estados de humedad, la cual está directamente relacionada con la proporción en que están presentes los diferentes separados que lo componen. Las principales propiedades de los separados del suelo, que resultan útiles para evaluar su textura al tacto, son las siguientes:

### **2.2.1. Propiedades del separado arena (A)**

- ❑ Si está presente en grandes cantidades o lo está en granos muy gruesos, las partículas individuales se pueden ver y separar fácilmente.
- ❑ Cuando el suelo es “frotado” entre el pulgar y el índice, se siente áspero y grueso y cuando esta operación se repite cerca del oído, el ruido producido por la fricción de los granos de arena entre sí, se hace fácilmente audible.
- ❑ Si un poco de suelo se mezcla con agua en la palma de la mano y se frota con el dedo índice de la mano opuesta, se sentirá áspero y grueso, esta prueba permite diferenciar pequeñas cantidades de arena en la muestra.
- ❑ Se satura con poca cantidad de agua y se seca rápidamente al aire; cuando se seca se disgrega.
- ❑ Se deja moldear sólo en un rango muy estrecho de humedad.
- ❑ No presenta pegajosidad.
- ❑ Para que la arena domine las propiedades del suelo, debe presentarse en altas cantidades.

### 2.2.2. Propiedades del separado limo (L)

- ❑ La cualidad más característica es su apariencia suave, sedosa en estado húmedo y su apariencia polvosa en estado seco.
- ❑ Al estrujar un poco de limo húmedo entre el pulgar y el índice se nota como se enrolla al secarse, dejando la superficie de la piel limpia.
- ❑ El limo es muy fino para impartir una cualidad áspera al suelo, excepto el limo grueso, el cual es difícil de distinguir de la arena muy fina.
- ❑ No es pegajoso y es muy poco plástico.
- ❑ No retiene la humedad por largos períodos de tiempo.

### 2.2.3. Propiedades del separado arcilla (Ar)

- ❑ Cuando se le agrega agua ligeramente en exceso, se siente jabonosa y resbaladiza.
- ❑ Si se “amasa” y se trabaja en el estado plástico (ver Capítulo 10), forma cintas y rollos finos, firmes y dúctiles.
- ❑ Estrujando un poco de arcilla humedecida entre el pulgar y el índice, se nota que aparece suave y lisa; a medida que se seca se adhiere a la piel.
- ❑ Es más adhesiva, cohesiva, pegajosa y plástica que el limo.
- ❑ La cualidad cohesiva de la arcilla puede descubrirse, aún cuando ésta se encuentre en pequeñas cantidades.
- ❑ Retiene mucha humedad y se demora para secarse.
- ❑ Cantidades relativamente pequeñas de arcilla son suficientes para impartir cualidades plásticas al suelo.

Algunas de las propiedades que se observan para establecer la clase textural de un suelo al tacto son: la sensación que se produce al frotar la muestra entre los dedos, la facilidad de formar cintas y bolas con la muestra y la firmeza de ellas, así como la adhesividad o pegajosidad de la muestra al ser sometida a compresión entre los dedos y posteriormente al ser liberada esta compresión; la definición de estas propiedades para las diferentes clases texturales se resume en la Tabla 7.4.

**TABLA 7.4.** Algunas características de las clases texturales del suelo, al tacto.

TEXTURA	TACTO	CINTA	BOLAS	ADHESIVIDAD*
A	Áspero	No	No	No
AF	Áspero	Muy mala	Mala	Muy poca
FA	Áspero	Mala	Mala	Poca
F	Muy suave	Mala	Resistente	Poca
FL	Suave	Rizada	Buena	Media
L	Harinoso	Rizada	Regular	Poca
FArA	Poco áspero	Regular	Buena	Alta
FAr	Suave	Regular	Buena	Alta
FArL	Suave	Rizada	Buena	Alta
ArA	Poco áspero	Buena	Buena	Alta
ArL	Suave	Buena	Buena	Alta
Ar	Jabonoso	Buena	Firmes	Muy alta

\* Se determina con el suelo casi saturado de agua, las demás propiedades se determinan con el suelo húmedo.

#### 2.2.4. Procedimiento

Para llevar a cabo la determinación de la textura del suelo al tacto, se procede de la siguiente manera:

- Se toma una muestra de suelo seco sobre la mano y se observa el tamaño de los granos (grueso, medio, fino); se frota una pequeña cantidad entre el pulgar y el índice y se observa como se siente al tacto (suave, áspera, sedosa, etc.); se frota luego cerca al oído y se establece si se produce ruido.
- Se humedece la muestra anterior lentamente, sin llegar a tener exceso de agua, se amasa y se trata de formar una bola, observando su comportamiento y estabilidad; se amasa nuevamente la muestra y se frota entre la palma de la mano y una superficie sólida para formar un rollo, se observa su espesor y estabilidad; se estruja la muestra entre el pulgar y el índice y se define su plasticidad (facilidad para deformarse y conservar esa deformación): plástico, no plástico.
- Se agrega un poco más de agua a la muestra, se estruja entre el pulgar y el índice y se observa la pegajosidad de ella en los dedos (alta, regular, baja, nula).
- En la palma de la mano, se coloca una cantidad de muestra definida, se lava repetidamente, eliminando el agua turbia hasta que el agua salga limpia; se establece un porcentaje aproximado de los separados que posee la muestra.
- En la Figura 7.6 se presenta un modelo de formulario. En éste se va registrando la calificación correspondiente a las diferentes propiedades evaluadas en las muestras, utilizando para ello términos relativos como buena, regular, mala, alta, media, baja, etc.

Código de la muestra	Muestra Seca			Muestra Húmeda			Cantidad estimada (%) de			Clase textural
	Tamaño de los granos	Sensación al tacto	Ruido	Cinta	Rollo	Pegajosidad	A	L	Ar	

**FIGURA 7.6.** Modelo de formulario para registrar algunas propiedades de muestras analizadas al tacto para textura.

#### 2.2.5. Limitaciones del método del tacto para determinar la textura del suelo

Este método para evaluar la textura del suelo, aunque es más rápido y más económico que el método de laboratorio, tiene varios limitantes importantes para su aplicación como:

- ❑ Es difícil establecer las clases texturales de suelos que se encuentran cercanos a los límites entre clases.

- ❑ Es difícil establecer la clase textural de suelos cuyos separados se encuentran cerca a sus límites de tamaño; por ejemplo, es difícil establecer la diferencia entre el limo grueso y la arena fina.
- ❑ En suelos con alto contenido de materia orgánica, ésta puede producir sensaciones al tacto parecidas a las que producen los separados más finos del suelo.
- ❑ El método requiere de buena experiencia por parte de quien hace la determinación para que ella sea confiable y exige un intenso entrenamiento.
- ❑ En suelos de estructuras bien desarrolladas, debe tenerse especial cuidado para lograr la destrucción total de los agregados.
- ❑ En suelos donde se presenten concreciones, éstas pueden distorsionar la determinación de los separados más gruesos del suelo.

### 3. LA ARCILLA DISPERSA EN EL SUELO

La cantidad relativa de arcilla que se encuentre dispersa, es decir, sin unirse a otras partículas del suelo, da una idea del grado de agregación y de la estabilidad de los agregados que tiene el suelo (Castillo et al, 2000); si se mide este contenido en suelos que están siendo sometidos a laboreo intenso, en diferentes épocas, el incremento de su valor puede ser un indicador de degradación física de aquellos y de aumento de su susceptibilidad a la erosión.

Al comparar la cantidad de arcilla que se encuentra dispersa en el suelo, con la cantidad de arcilla que se mide por el método del hidrómetro, se puede establecer un coeficiente llamado **coeficiente de dispersión (CD)**. El procedimiento para hacer esta determinación es el siguiente, tomado de González (1990):

- Se toman 50 g de suelo seco al aire y tamizado por malla de 2 mm de diámetro de perforación.
- Se lleva la muestra a un cilindro de 1000 mL y se completa ese volumen con agua.
- Se agita el cilindro, con la muestra, 20 veces y se deja reposar durante 2 horas.
- Al cabo de las 2 horas, se succionan 25 mL de la suspensión con una pipeta, a una profundidad de 10 cm dentro de la suspensión en el cilindro.
- Se coloca el material succionado en una tara adecuada y se lleva a secar en horno, a 105 °C, durante 24 a 36 horas. Al cabo de este tiempo, se pesa el material seco y se calcula el coeficiente de dispersión con la Fórmula [7.5].

La fórmula para calcular el CD es:

$$CD = \frac{a}{b} \times 100 \quad [7.5]$$

Donde: a: Porcentaje de arcilla en la muestra sin dispersante.

b: Porcentaje de arcilla obtenido por el método del hidrómetro.

Para determinar el valor de a, se tiene la siguiente relación:

$$a = \frac{PMF}{PMI} \times 100$$

[7.6]

Donde: PMF: Peso del material pipeteado a las 2h, seco al horno.

PMI: Peso del material que hay en 25 mL de la suspensión, al iniciar la sedimentación; se supone que todo el material está distribuido homogéneamente en todo el líquido, en este momento.

Hay que tener en cuenta, como en todos los casos en que los resultados se deben referenciar a peso de suelo seco, que se debe hacer una corrección por humedad a la muestra tomada para el análisis, siguiendo el procedimiento que se muestra en el ejemplo que se presenta a continuación.

Ejemplo: Se tomaron 50 g de un suelo que tenía 8% de humedad gravimétrica; el contenido de arcilla de este suelo, por hidrómetro, fue de 30%. Para la determinación del CD, el PMF fue de 0.012 g. ¿Cuál es el CD de ese suelo?.

- Corrección por humedad:

$$P_{ss} = \frac{P_{sh}}{\frac{W(\%)}{100} + 1} = \frac{50 \text{ g}}{\frac{8\%}{100} + 1} = 46.296 \text{ g}$$

- Cálculo de a:

$$a = \frac{PMF}{PMI} \times 100 = \frac{0.012 \text{ g}}{PMI} \times 100$$

Cálculo de PMI:

$$PMI = \frac{46.296 \text{ g} \times 25 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 1.157 \text{ g}$$

$$\therefore a = \frac{0.012 \text{ g}}{1.157 \text{ g}} \times 100 = 1.037 \%$$

- Cálculo de CD:

$$CD = \frac{a}{b} \times 100 = \frac{1.037\%}{30\%} \times 100 = 3.46\%$$

El valor encontrado para CD se considera bajo y puede esperarse que el suelo analizado no presenta problemas de estructuración ni alta susceptibilidad a la erosión. El nivel crítico para el CD corresponde a un valor de 25%, según González (1990).

## RECORDAR

- La textura del suelo estudia la proporción en que se encuentran las partículas inorgánicas del mismo, que tienen tamaños menores a 2 mm.
- Las partículas mencionadas se denominan separados y se agrupan, por tamaño, en 3 categorías: Arena (2 a 0.05 mm), Limo (0.05 a 0.002 mm) y Arcilla (< 0.002 mm).
- La textura se determina en el laboratorio por métodos de sedimentación y el más utilizado es el del hidrómetro.
- En el campo es posible estimar la textura del suelo, examinando las características de aspereza, plasticidad y pegajosidad que le transmiten a este los separados que contiene.
- La manera más común de presentar los resultados de los análisis de textura del suelo es mediante el establecimiento de su clase textural.
- Hay suelos cuyos componentes no permiten determinar la textura en el laboratorio porque no dispersan con los métodos normales: Aluminosilicatos amorfos (Andisoles) y sesquióxidos de Fe y Al (Oxisoles).
- La clase textural agrupa suelos que tienen unas proporciones de arena (A), limo (L) y arcilla (Ar) que le dan un comportamiento físico similar.
- Hay 12 clases texturales; el nombre de la clase implica el separado que mayor control ejerce sobre el comportamiento físico del suelo.
- La clase textural franca (F) implica que ninguno de los separados domina las propiedades del suelo; que hay un equilibrio entre ellos; no es la que tiene los separados en iguales proporciones.
- Cuando en el suelo hay más de 35 % de Ar, este separado domina sus propiedades; en cambio, para que la A haga lo mismo, debe estar en cantidades mayores a 70 %.
- La textura del suelo se relaciona con propiedades tan importantes como: aireación, drenaje, retención de humedad, fertilidad, susceptibilidad a la erosión, permeabilidad.
- Del análisis de la textura del suelo se puede derivar el coeficiente de dispersión (CD) del suelo, el cual puede ser indicador de deterioro físico del mismo.
- El CD establece la cantidad de arcilla del suelo que se encuentra dispersa y su valor crítico se presenta en 25 %.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARANGO, V. A. 1985. Manual de laboratorio de Mecánica de Suelos. 2ª. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Medellín. 276 p.
- BAVER, L. D.; W. H. GARDNER y W. R. GARDNER. 1973. Física de suelos. 1ª. Ed. en español. U.T.E.H.A. México. 529 p.
- BOWLES, J. E. 1982. Propiedades geofísicas de los suelos. 1ª. Ed. en español. McGraw - Hill. Bogotá. 491 p.
- CASTILLO, J.; E. AMÉZQUITA y K. MÜLLER-SÄMANN. 2000. La turbidimetría una metodología promisoría para caracterizar la estabilidad estructural de los suelos. Suelos Ecuatoriales. 30 (2): 152-156.

- ESCORCIA, M. A. E. y A. R. GAVIRIA. 1981. Distribución por tamaño de partículas de un Andosol del Oriente Antioqueño. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Medellín. 83 p.
- FORSYTHE, W. 1975. Manual de laboratorio de Física de Suelos. IICA. Costa Rica. 212 p.
- GIOVANNINI, G.; S. LUCCHESI y S. CERVELLI. 1983. Water repellent substances and aggregate stability in hydrophobic soil. Soil Science. 135 (2): 110-113.
- GONZÁLEZ, A. 1990. Guías de prácticas de la Maestría en Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Inédito.
- MEJÍA, L. 1983. Pedología descriptiva. CIAF. Bogotá. 176 p.
- MONTENEGRO, H. y D. MALAGÓN. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC. Bogotá. 813 p.
- MONTES, C. M. y R. DELGADO. 1977. Adaptación de un método de dispersión para el análisis físico de suelos derivados de cenizas volcánicas (Oriente Antioqueño). Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Medellín. 70 p.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF (SSDS). 1993. Soil survey manual. Handbook No. 18. USDA. Washington D. C. 437 p.
- SUÁREZ, V. S. y A. GÓMEZ. 1976. Eficiencia de dispersantes químicos en el análisis de textura de suelos derivados de cenizas volcánicas. Cenicafé 27 (1): 34-44.

## AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Qué se entiende por textura del suelo?. Por separado?. ¿Cuáles son los separados básicos del suelo?. ¿Cuál es el tamaño de las partículas de arcilla del suelo?.
2. ¿Cuál separado es el que más contribuye a la fertilidad actual del suelo?.
3. ¿Cuáles propiedades del suelo están relacionadas directamente con la textura del mismo?.
4. Enuncie la ley de Stokes. ¿Cómo se relaciona esta ley con la textura del suelo?.
5. ¿Cómo interfiere la materia orgánica en la determinación de la textura del suelo?.
6. ¿Qué influencia tienen, sobre la determinación de la textura del suelo, los materiales derivados de ceniza volcánica?. Los carbonatos de calcio?. Los óxidos de Fe y Al?.
7. Si se aumenta desproporcionadamente la cantidad de dispersante, ¿qué pasará con las lecturas del hidrómetro?.
8. ¿Qué efecto tiene la temperatura de la suspensión sobre las lecturas hechas con el hidrómetro?.
9. ¿Qué sucede en la determinación de la textura, por el método del hidrómetro, si no se agrega suficiente dispersante?.
10. ¿Qué relación hay entre la floculación y la determinación de la textura del suelo por el método del hidrómetro?.
11. Defina una textura franca.
12. ¿En cuáles suelos no es confiable la determinación de la textura con el hidrómetro y por qué?.
13. Diga 3 características que le permitan identificar la arcilla manualmente.
14. ¿Cómo será la lectura con el hidrómetro en un suelo floculado con respecto al mismo suelo sin flocular?. ¿Por qué?.
15. ¿La determinación de la textura con el hidrómetro es gravimétrica o volumétrica?.
16. De 2 razones que justifiquen aprender a determinar la textura del suelo al tacto.
17. Diga 5 limitaciones que tenga el método del tacto para determinar la textura del suelo.
18. ¿Qué es arcilla dispersa del suelo?. ¿Qué refleja?. ¿Qué es coeficiente de dispersión del suelo?.

## EVALUACIÓN

1. En un análisis de textura por el método del hidrómetro se obtuvieron los siguientes resultados:
  - a. Lectura con el hidrómetro a los 40 s: 42.
  - b. Temperatura a los 40 s: 21.5 °C.
  - c. Lectura con el hidrómetro a las 2 horas: 14.
  - d. Temperatura a las 2 horas: 24 °C.Determinar:
  - i. La clase textural de ese suelo. (R: FArL).
  - ii. El peso de la arcilla contenida en ese suelo, por hectárea, hasta 20 cm de profundidad, si el suelo tiene una densidad aparente de  $1.4 \text{ Mg m}^{-3}$ . (R: 835.52 Mg).
2. Mediante la ley de Stokes, calcular el tiempo requerido para tomar una muestra de partículas de 0.001 mm de diámetro equivalente, a una profundidad de 10 cm en un cilindro de 1000 mL, ubicado en una localidad que presenta una temperatura media anual de 18°C. (R: 1 día, 8 h, 37 minutos y 49.44 s).
3. Para el suelo del problema 1, calcular el coeficiente de dispersión sabiendo que:
  - a. La muestra inicial tenía 4.5 % de humedad gravimétrica.
  - b. El material pipeteado a las 2 horas, seco al horno, pesó 0.013 g. (R: 3.64 %).
4. Determinar la clase textural para cada uno de los horizontes del suelo del problema 1, en la evaluación del Capítulo 11. (R: Ar, F, FA y F, desde la superficie hacia el interior).



<b>LA TEXTURA DEL SUELO.....</b>	<b>141</b>
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>141</b>
<b>1. DEFINICIONES .....</b>	<b>165</b>
<b>2. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO .....</b>	<b>166</b>
2.1. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO POR SEDIMENTACIÓN .....	166
2.1.1. Bases teóricas .....	166
2.1.2. Determinación por el método del hidrómetro o de Bouyoucos .....	167
2.1.2.1. Procedimiento .....	167
2.1.2.2. Manejo de los resultados .....	170
2.1.2.3. Limitaciones del método de Bouyoucos para determinar la textura del suelo .....	172
2.2. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO EN EL CAMPO.....	172
2.2.1. Propiedades del separado arena (A) .....	172
2.2.2. Propiedades del separado limo (L) .....	173
2.2.3. Propiedades del separado arcilla (Ar) .....	173
2.2.4. Procedimiento .....	174
Clase .....	174
2.2.5. Limitaciones del método del tacto para determinar la textura del suelo .....	174
<b>3. LA ARCILLA DISPERSA EN EL SUELO.....</b>	<b>175</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>177</b>
<b>AUTOEVALUACIÓN .....</b>	<b>178</b>
<b>EVALUACIÓN.....</b>	<b>179</b>