

## CAPITULO III

### PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

José Orlando Blanco S. (\*)

#### 1. LA TEXTURA

Es la proporción en que se encuentran las partículas minerales o separados del suelo menores de 2 mm. Es decir la cantidad de arena, limo y arcilla de un suelo expresados en porcentaje.

La textura afecta el suministro de nutrimentos, la disponibilidad del agua y la circulación del aire en el suelo, por lo cual, se le considera como un factor básico de productividad. En la Tabla 1 se incluyen las clasificaciones de la textura propuestas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.) y por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (I.S.S.S.).

Tabla 1. Clasificación de la textura según el U.S.D.A. y la I.S.S.S.

ARCILLA mm	LIMO mm	ARENA mm				
		MUYFINA	FINA	MEDIA	GRUESA	MUY GRUESA
1.<0.002	0.002-0.02		0.02-0.2			0.2-2.0
2.<0.002	0.002-0.05	0.05-0.10	0.10-0.25	0.25-0.50	0.50-1.0	1.0-2.0

1. U.S.D.A.

2. I.S.S.S.

En general, la fracción arena está constituida por las partículas más grandes (0.02-2.0 mm de diámetro); son sueltas y se pueden ver a simple vista.

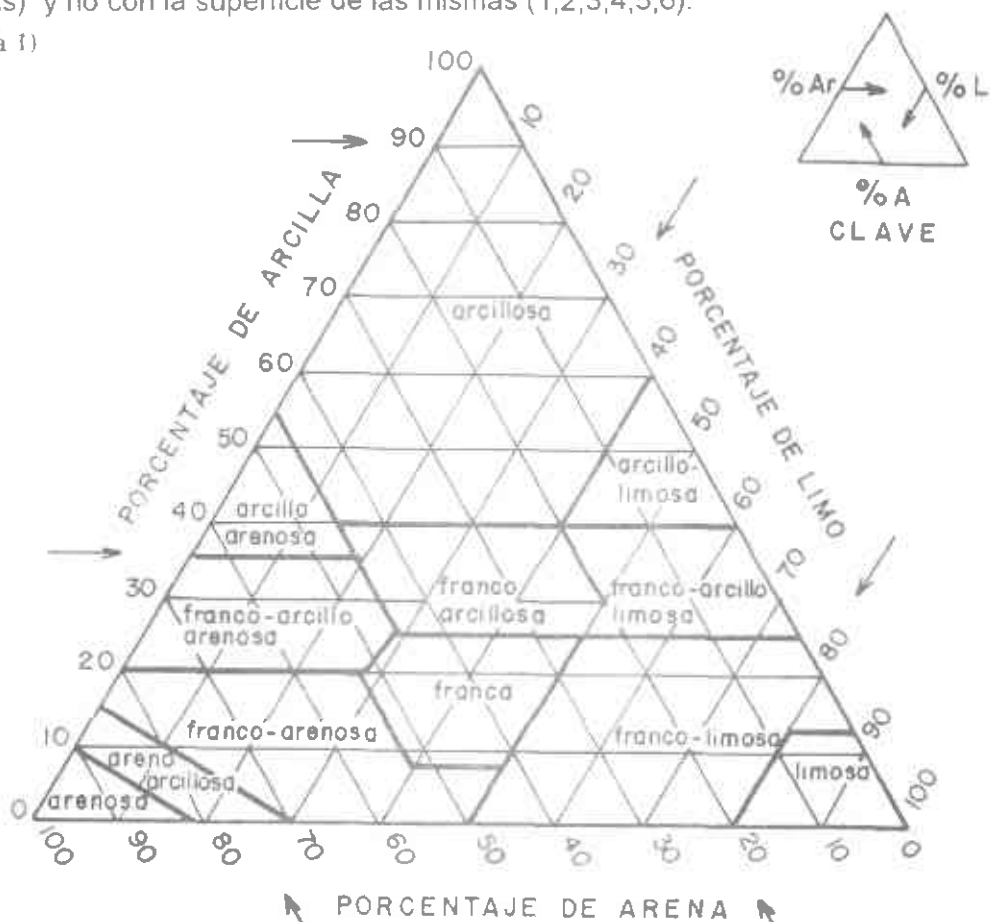
El limo está formado por las partículas medianas (0.02-0.002 mm de diámetro) y se asemejan a un polvo cuando están secas. Las partículas más pequeñas (menores de 0.002 mm de diámetro) no se pueden ver a simple vista y se denominan arcillas.

\* Ing. Agrónomo, Ph. D. Director C.I. El Zulia, CORPOICA A.A. N° 1141 Cúcuta.

Según la proporción en que se encuentren distribuidas estas partículas en los suelos, se denominan ARENOSOS si la textura es gruesa, LIMOSOS si es media y ARCILLOSOS si es fina. Cuando la proporción de las partículas está en equilibrio se trata de un suelo FRANCO

En la figura 1 se presenta el triángulo textura, donde se pueden identificar diferentes clases texturales según los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. La determinación de estas fracciones puede realizarse en el campo o en el laboratorio. Los métodos más exactos se basan en la ley de STOKES, mediante la cual se demuestra que la velocidad de caída de una partícula en un medio acuoso está directamente relacionada al radio de la partícula, es decir que la resistencia que opone un líquido a la caída de las partículas varía con el radio de las partículas (o esferas) y no con la superficie de las mismas (1,2,3,4,5,6).

(Figura 1)



- TRIANGULO DE TEXTURA SEGUN PORCENTAJE DE ARENA LIMO Y ARCILLA. - (EU. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA)

## 2. ESTRUCTURA

Por acción de la arcilla, la materia orgánica y algunos materiales cementantes (óxidos de hierro y aluminio) y la cohesión entre las partículas del suelo, estas tienden a formar agregados de mayor tamaño constituyendo la estructura del suelo. Varía desde gránulos pequeños hasta bloques de tamaño grande.

El tipo de estructura (forma, tamaño y disposición de los agregados) juega un papel muy importante en la permeabilidad de los suelos (movimiento del aire y el agua) por cuanto determina la cantidad y el tamaño de los poros, afecta la penetración radicular y se constituye en un factor determinante en la susceptibilidad o resistencia de los suelos a la erosión.

De acuerdo a su forma de agregación, la estructura del suelo se clasifica en granular, columnar, prismática y laminar. A su vez la estructura granular puede ser subangular, angular o migajosa. (Ver Figura 2).

La estructura granular se presenta principalmente en suelos con alto contenido de materia orgánica y es la más favorable para el desarrollo radicular de las plantas. Las estructuras columnar y prismática están relacionadas con texturas arcillosas. El desarrollo radicular en suelos con estructura laminar se restringe considerablemente y el movimiento del agua a través del suelo es muy lento. Estas dos limitantes se agravan aún más si, a la vez, la textura es arcillosa. Por el contrario en suelos con estructura columnar o prismática y textura fina el movimiento del agua es medio. El mayor flujo de agua a través del suelo se presenta en suelos con estructura granular y textura arenosa.

Una de las características de la estructura es la estabilidad estructural, la cual se define como la resistencia de los agregados del suelo a desintegrarse por la acción del agua y el manipuleo. A mayor estabilidad, mayor será la resistencia de un suelo a la erosión. Al igual que la agregación de las partículas, la estabilidad estructural del suelo es favorecida por la presencia de materia orgánica, arcilla, óxidos de hierro y aluminio y algunos cationes intercambiables tales como el calcio, el magnesio y el potasio, por su influencia sobre la floculación de las partículas del suelo. Indirectamente los microorganismos y las raicillas ayudan a la estabilidad estructural de los agregados del suelo, los primeros a través de la producción de ciertas sustancias durante la descomposición de la materia orgánica, y las segundas, mediante el amarre de los mismos (1,2,3,4,5,6).

## 3. DENSIDAD O GRAVEDAD ESPECIFICA

la densidad de una sustancia es la relación que existe entre el peso de esa

Figura 2. Tipos de estructura PRISMÁTICA



(Eje vertical mucho mayor que el horizontal)

PERMEABILIDAD RAPIDA



COLUMNAR

(Eje vertical mucho mayor que el horizontal.)

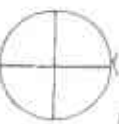
PERMEABILIDAD RAPIDA



BLOQUE

(Eje vertical ligeramente mayor que el horizontal)

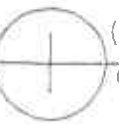
PERMEABILIDAD MODERADAMENTE RAPIDA



GRANULAR

(Eje vertical igual al horizontal)

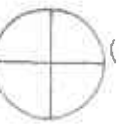
PERMEABILIDAD MODERADA



LAMINAR

(Eje horizontal mucho mayor que el vertical)

PERMEABILIDAD MUY LENTA



MIGAJOSA

(Eje horizontal igual al eje vertical)

PERMEABILIDAD MUY RAPIDA



- CLASES DE ESTRUCTURA DE LOS SUELOS Y SU PERMEABILIDAD -

sustancia y el peso de un volumen igual de agua. En el suelo se distinguen dos tipos de densidad: la real, que considera el peso del volumen absoluto de las particular, y la aparente, que considera el peso de un volumen de suelo en su condición natural, dentro del cual se incluyen, por consiguiente, los espacios porosos. Tanto la una como la otra, por tratarse de relaciones de pesos carecen de dimensión.

La densidad real de los minerales que constituyen el suelo varía entre 2.5 y 3.0 g/cc. Los minerales predominantes en el suelo son el cuarzo y los feldespatos, cuya densidad es de 2.7 g/cc. Sin embargo, debido al contenido de materia orgánica la densidad real de los suelos es alrededor de 2.65 g/cc. Cuando el contenido de materia orgánica es muy alto este valor puede disminuir a 2.0 g/cc y, aún, a valores inferiores.

La densidad real de los suelos sólo depende de los materiales que los constituyen, por lo tanto, no es afectada por la estructura y la textura del suelo. La densidad aparente, en cambio, varía con la textura y la estructura, disminuyendo su valor con el incremento de los espacios porosos del suelo. La densidad aparente normal de los suelos agrícolas puede oscilar entre 1.2 y 1.5 g/cc. Sin embargo en los Andisoles. (suelos derivados de cenizas volcánicas) puede ser 0.5 a 1.0 g/cc y en suelos compactados su valor puede superar 1.7 g/cc (1,2,3,4,5,6).

#### 4. POROSIDAD

Es la relación entre el volumen de los espacios vacíos y el volumen total de la masa de suelo. Los espacios porosos ocupan, en promedio, el 50% del volumen total del suelo y constituyen los pequeños depósitos donde se almacena el agua y los conductos por donde circulan el agua y el aire. Con relación a la porosidad del suelo se deben considerar dos factores:

- a) El tamaño de los poros, que tiene una alta relación con la permeabilidad y retención del agua de los suelos.
- b) El porcentaje total de los espacios porosos, que influencia la densidad aparente del suelo.

En términos generales, el diámetro promedio de los poros del suelo aumenta con el tamaño y la uniformidad de las partículas que lo constituyen y disminuye en la medida que se incrementa el grado de compactación del suelo. Asimismo, el porcentaje de los espacios porosos es mayor en suelos de textura fina y baja compactación.

La porosidad de un suelo se expresa en porcentaje y se calcula con base en las densidades real ( $D_r$ ) y aparente ( $D_a$ ) del suelo, así:

$$\% \text{ POROSIDAD} = \left( 1 - \frac{D_a}{D_r} \right) \times 100$$

El porcentaje de los espacios porosos de los suelos arenosos fluctúa entre el 35 y el 40%, mientras que en los suelos arcillosos oscila entre el 40 y el 60% o más. Estos porcentajes aumentan en suelos de texturas finas con el contenido de materia orgánica, la presencia de estructura granular y la actividad biológica.

En la Tabla 2 se incluye la clasificación de los poros del suelo, según su tamaño.

**Tabla 2. Clasificación de los poros del suelo**

DENOMINACION	DIAMETRO (mm)
GRUESOS	Mayor de 5 mm
MEDIANOS	Entre 2 y 5 mm
FINOS	Entre 1 y 2 mm
MUY FINOS	Entre 0.075 y 1 mm
MICROPOROS	Menor de 0.075 mm

Los poros medianos y grandes abundan en suelos arenosos y sueltos y en suelos con estructura granular. Los poros finos y muy finos predominan en suelos con texturas medias y finas y, los microporos, en suelos muy arcillosos. Los poros grandes y medianos permiten una rápida circulación del aire (aireación) y el agua (infiltración), en tanto que por los poros finos y muy finos fluye el agua y en los microporos se almacena el agua disponible para las plantas.

La proporción de poros grandes y microporos es más importante que la porosidad total, ya que permite establecer el equilibrio aire-agua en el suelo que, a su vez, es determinante para el desarrollo y nutrición de la planta, la actividad microbial y el manejo de la humedad del suelo (1,2,3,4,5,6).

## 5. PROFUNDIDAD EFECTIVA

Es la profundidad a la cual pueden penetrar las raíces de las plantas, sin obstáculos físicos ni químicos. Esta característica es importante para determinar la vocación de

uso del suelo, teniendo en cuenta el sistema radicular de los cultivos.

En la Tabla 3 se presenta la clasificación de la profundidad efectiva de los suelos.

**Tabla 3. Clasificación de los profundidad efectiva**

DENOMINACION	PROFUNDIDAD EFECTIVA
Suelo profundo	Más de 90 cm
Suelo medianamente profundo	Entre 50 y 90 cm
Suelo superficial	Entre 25 y 50 cm
Suelo muy superficial	Menor de 25 cm

## 6. COLOR

En una propiedad física muy relacionada con el drenaje natural del suelo. Los colores más comunes son el negro, el rojo y el amarillo.

Los colores oscuros se deben a la presencia de materia orgánica y su intensidad varía con su mayor o menor contenido. El manganeso (Mn) también puede imprimirle color negro a los suelos. El color rojo resulta de la oxidación del hierro y es indicativo de buena aireación y drenaje. El color amarillo es característico de suelos donde se ha oxidado el hierro hidratado en condiciones deficientes de aireación y mal drenaje. Colores tales como el gris y el azuloso son debidos a la baja o ninguna oxidación del hierro asociadas con suelos muy mal drenados y con muy baja o nula aireación.

## 7. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Es la resistencia que oponen los agregados del suelo a desintegrarse por acción del agua y el manipuleo. A mayor estabilidad, mayor será la resistencia del suelo a la erosión. La agregación y la estabilidad estructural del suelo son favorecidos por la presencia de materia orgánica, arcilla, óxidos de hierro y aluminio y algunos cationes intercambiables como el Ca, Mg y K, que favorecen la floculación de las arcillas.

Indirectamente los microorganismos del suelo ayudan a la agregación de las partículas a través de los compuestos producidos durante la descomposición de la

materia orgánica. Así mismo, la presencia de raicillas en el suelo contribuye a la estabilidad de los agregados debido al amarre que producen entre ellos.

## 8. PERMEABILIDAD

Se refiere a la rapidez con que el aire y el agua circulan a través de los poros del suelo. También implica la facilidad con que el agua se mueve desde la superficie hacia el interior del suelo. Esta facilidad depende de la cantidad y tamaño de los poros existentes en el suelo.

La permeabilidad de un suelo puede ser: muy lenta, lenta, moderada, rápida y muy rápida. A mayor permeabilidad, mayor es la cantidad de agua que puede recibir un suelo.

## 9. CONSISTENCIA

Es la facilidad de laboreo de un suelo bajo diferentes contenidos de humedad. Se expresa con base en el porcentaje de humedad y se califica bajo condiciones de suelo seco al aire (suelos duros o blandos), suelo con contenido óptimo de humedad (suelos friables) y suelo demasiado húmedo (suelos pegajosos y plásticos).

La consistencia de un suelo varía con la textura, el contenido de materia orgánica, la naturaleza y cantidad de la arcilla presente, los cationes adsorbidos y el contenido de humedad.

Los límites de consistencia o límites de Atterberg son indicativos del grado de trabajabilidad a que puede someterse un suelo y se definen por el contenido de humedad necesaria para producir laboreo con base en el contenido de humedad correspondiente a los límites plástico inferior y superior. El límite plástico inferior indica el porcentaje mínimo de humedad al cual un suelo puede ser laborado. No se aconseja el uso de maquinaria agrícola cuando el contenido de humedad del suelo sobrepase el límite plástico inferior.

## 10. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

Es la propiedad del suelo para retener agua y depende de la textura, la estructura, la permeabilidad y el contenido de materia orgánica. El agua en el suelo puede presentarse de tres formas diferentes dependiendo de las fuerzas que la retienen, así: agua hidrosférica, agua capilar y agua gravitacional.

El agua hidrosférica es aquella retenida en el suelo por fuerzas de adsorción y cuyo valor está en equilibrio con la presión del vapor del aire circundante. Por esta

razón la cantidad de agua higroscópica presente en el suelo variará con la humedad relativa y la temperatura del medio ambiente.

El agua capilar es aquella que está por encima del agua higroscópica y que el suelo retiene debido a fuerzas de tensión superficial contra la gravedad.

El agua gravitacional es la que está por encima del agua capilar y que es susceptible de moverse en el suelo por acción de la fuerza de gravedad.

Desde el punto de vista de riego y drenaje resulta más conveniente clasificar el agua del suelo en relación con la habilidad de las plantas para desarrollarse y la capacidad del suelo para almacenarla. Con base en estos criterios el agua del suelo se puede clasificar teniendo en cuenta la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente del suelo.

La capacidad de campo (c.c) es la cantidad de agua que permanece en un suelo bien drenado después de un aguacero fuerte o de habersele aplicado riego, es decir, después que el agua del suelo deja de fluir por acción de la gravedad. Esto ocurre cuando el agua libre o gravitacional ha desaparecido del suelo. El contenido de humedad de un suelo sólo podrá sobrepasar su capacidad de campo sino por periodos cortos, a menos que se registre algún impedimento que obstaculice el libre flujo del agua.

La capacidad de campo se determina en forma aproximada en el laboratorio como el agua retenida por el suelo a 0.3 atmósferas de presión.

El punto de marchitamiento permanente (P.M.P) es el contenido de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan y no se recuperan, es decir, representa el límite mínimo de humedad en el suelo por debajo del cual las plantas no son capaces de extraer agua para su desarrollo normal. La tensión con que el agua es retenida por el suelo en el punto de marchitez es alrededor de 15 atmósferas, que parecen estar en equilibrio con la máxima capacidad de succión de la mayoría de las plantas cultivadas.

El contenido de agua comprendido entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente se conoce como agua disponible o aprovechable por las plantas y se deposita en los poros capilares del suelo (1,2,3,4,5,6).

En la Tabla 4 se pueden observar los valores promedios típicos de espacios porosos, densidad aparente, punto de marchitamiento permanente, capacidad de campo y cantidad de agua disponible para varios tipos de suelos, con el fin de ilustrar la forma como estas propiedades varían con la textura del suelo, aunque vale la pena advertir que la estructura y el contenido de materia orgánica también tienen una marcada influencia sobre ellas.

**Tabla 4. Variación en algunas propiedades físicas de los suelos según su textura**

TIPO DE SUELO	POROSIDAD %	DENSIDAD AFARENTE gr/cc	P.M.P %	C.C %	AGUA DISPONIBLE mm/cm
ARENOSO	28-33	1.9-1.7	1.0-3.5	2.5-7.5	0.50-0.65
FRANCO-ARENOSO	33-42	1.7-1.5	3.5-10.0	7.5-20.5	0.65-1.25
FRANCO-LIMOSO	42-51	1.5-1.3	10.0-16.0	20.5-33.0	1.25-1.80
ARCILLOSO	51-59	1.3-1.5	16.0-25.0	33.0-50.0	1.80-2.5

Fuente: ROE, H.B. 1951

En la Tabla 5 se puede apreciar la clasificación de los suelos de acuerdo al contenido de agua disponible para las plantas.

**Tabla 5. Clasificación de los suelos según el agua disponible**

Clase	Denominación	Agua disponible mm/m de suelo
1	Muy baja	0-50
2	Baja	51-100
3	Media	101-150
4	Alta	151-200
5	Muy Alta	Mayor de 201

## 11 BIBLIOGRAFIA

1. Baver D, L.; Gardner H., W.; Gardner R, W. 1972 Soil Physics. Fourth Edition John Wiley & Sons, Inc., New York. London. 498 P
2. Donahue L., R.; Miller W., R.; Shickluna C., J. 1983 Soils and Introduction To

soils and plant Growth. Prentice - Hall, KIKnc , Englewood Cliffs, New Jersey 667 P.

3. Federación Nacional de Cafeteros. Gerencia técnica. 1975 Manual de conservación de suelos de Ladera. Cenicafé, Chinchiná Caldas. 267 P
4. Forsythe, W. 1975. Físico de suelos. Manual de laboratorio. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. s 212 P.
5. MELA M. P. 1.963 Tratado de Edafología y sus distintas aplicaciones. 2a edición. Ediciones "Agrociencia" Sanclemente Zaragoza. 615 P.
6. Thompson M., L ; Troeh R., F. 1978. Soils and Soil Fertility. Mcgraw Hill book Company New York. 516'p.