

CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS

Jaime Lotero y Ramón Rodríguez

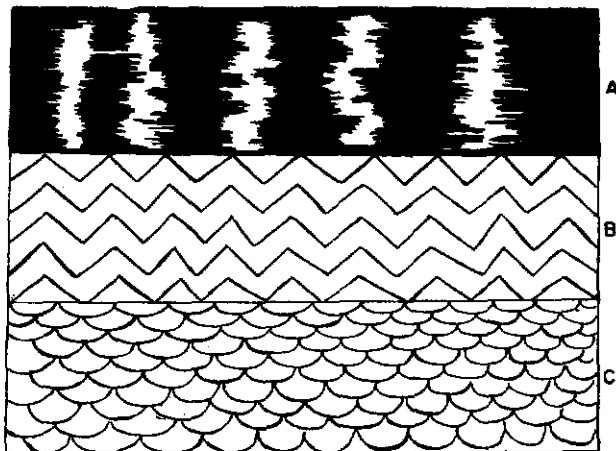
CARACTERISTICAS FISICAS

SUELO

El suelo se puede definir como una mezcla de materiales inorgánicos, orgánicos, aire y agua. Es la parte superior de la corteza terrestre en la cual crecen las plantas. No es un sistema estático sino que está cambiando continuamente por efecto de reacciones químicas, biológicas y actividad de los microorganismos.

Perfil del Suelo. Cuando se hace un corte vertical de un suelo, se observan varias capas que varían en espesor, color, textura, estructura, etc., dependiendo de las condiciones bajo las cuales se ha formado dicho suelo y de su manejo.

En la Figura 1 se puede observar un perfil típico de suelo en su forma más simple.



Horizonte. Las diferentes capas A, B y C se denominan horizontes, los cuales tienen propiedades variables y pueden tener subdivisiones como A1, A2, B1, B2, etc. según la naturaleza del suelo.

El horizonte A corresponde al de máxima actividad biológica y máximo lavado; el B es el horizonte de máxima acumulación de los materiales lavados del A y el horizonte C corresponde al material parental (roca madre) no descompuesto, aunque sí puede estar desintegrado.

Desde el punto de vista agrícola el horizonte A es el más importante, porque las plantas desarrollan allí la mayor parte de su sistema

radicular; porque la actividad biológica del suelo se concentra en él, y porque es el más rico en nutrientes. La conservación de este horizonte, el cual se deteriora y se destruye por las quemadas, la erosión y el mal manejo, es de primordial importancia.

En un suelo bajo condiciones ideales el horizonte A debe estar construido por 45% de material inorgánico, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire.

TEXTURA

Este término se refiere a las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo, denominándose los separados de la manera siguiente:

Arenas, si sus tamaños son de 2,00 a 0,05 mm. de diámetro.

Limos, si sus tamaños son de 0,05 a 0,002 mm. de diámetro.

Arcillas, si sus tamaños son menores de 0,002 mm. de diámetro.

De acuerdo con el separado que domine en el suelo, éste recibe un nombre especial; así por ejemplo si domina la arena, el suelo se denomina arenoso o liviano; si domina la arcilla, se denomina arcilloso o pesado, y si hay una mezcla adecuada de los tres separados, se denomina franco o mediano.

Entre algunas de las diferentes propiedades del suelo que son afectadas por su textura, se pueden citar: facilidad de laboreo o preparación, susceptibilidad a la erosión, facilidad de germinación de las semillas y penetración de las raíces; contenido y retención de nutrientes, contenido, retención y penetración del agua, contenido de materia orgánica y aireación.

ESTRUCTURA

Con este término se denomina el arreglo de las partículas sólidas de un suelo; es el "mosaico" del suelo. Si el suelo es alto en arena y limo no existe una ordenación estructural, debido a la ausencia de las propiedades aglutinantes que le proporciona la arcilla. Una estructura bien desarrollada indica generalmente la presencia de arcilla y materia orgánica. Los distintos arreglos estructurales se denominan en la forma siguiente:

Granular. Las partículas del suelo se hallan aglomeradas en gránulos más o menos redondeados y similares en forma y tamaño. Esta es la estructura más apropiada en los suelos.

En Placas. Aparece en forma de aglomerados con dimensiones horizontales mayores que las verticales.

En Bloques. Es común en los subsuelos, particularmente en los bosques y praderas. Se presenta en forma de aglomerados angulares, casi con las mismas dimensiones horizontales y verticales.

Prismático. Aparece en forma de unos aglomerados alargados verticalmente en forma de prismas. Es común en los subsuelos de perfiles profundos y muy diferenciados.

Cuando los suelos que contienen arcillas se aran estando húmedos, se destruye su estructura y se convierten en lodos. El proceso de enlodamiento reduce el volumen de poros y deja la superficie del suelo

en un indeseable estado de terrones. La importancia de mantener una buena estructura en los suelos es muy grande debido a que tiene relación con la erosión, influye en la aireación e influye en la capacidad de retención del aire y del agua.

Color. Esta es una propiedad muy importante debido a que está estrechamente relacionada con el contenido de materia orgánica y la naturaleza química de los compuestos de hierro presentes. La presencia de colores oscuros generalmente está asociada con la cantidad de materia orgánica, y los colores rojos, amarillos y en general brillantes, están asociados con la buena aireación del suelo y en consecuencia con buenos estados de drenaje interno del suelo. En suelos altos en compuestos de hierro, oxidados, el color oscuro de la materia orgánica generalmente es enmascarado por los colores rojos y amarillos de estos compuestos de hierro.

Los colores grises y azulados generalmente indican pobres condiciones de drenaje interno y de aireación.

PERMEABILIDAD

Se refiere esta propiedad a la rapidez con la cual el agua se mueve a través de los poros del suelo. También implica el movimiento del agua de la superficie del suelo hacia el interior de éste.

La permeabilidad depende principalmente de la textura, estructura y espacio poroso. Tiene efecto principalmente en la aireación y capacidad del suelo para retener agua.

DENSIDAD Y POROSIDAD TOTAL

La densidad se refiere a la relación peso: volumen. En el caso de los suelos generalmente se considera la densidad real y la aparente. Para obtener la densidad real, se divide el peso de las partículas sólidas de una muestra de suelo por el volumen de agua desalojado por las partículas sólidas de la muestra usada. En suelos minerales este valor es aproximadamente de 2,65 gramos por centímetro cúbico.

La densidad aparente se obtiene cuando se divide el peso de una muestra de suelo, con su arreglo estructural, por el volumen de agua desalojado por la muestra; esto incluye el volumen de los espacios porosos. La densidad aparente varía con la textura, estructura, contenido de materia orgánica y grado de compactación. La mayoría de los suelos tienen una densidad aparente que varía entre 1,2 a 1,5 gramos por centímetro cúbico. Una densidad aparente baja en el suelo superficial generalmente indica un buen estado estructural.

La porosidad total se calcula en base a las densidades real y aparente, usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de porosidad total} = 100 - \frac{\text{Densidad aparente} \times 100}{\text{Densidad real}}$$

Una adecuada porosidad del suelo es importante para el almacenamiento de agua, aireación y crecimiento normal de las plantas. El laboreo frecuente del suelo tiende a reducir su porosidad.

CONSISTENCIA

Esta propiedad se define como el comportamiento del suelo bajo diferentes contenidos de humedad. Se expresa en términos del porcentaje de humedad y se califica bajo condiciones de suelo seco al aire, suelo con contenido óptimo de humedad y suelo demasiado húmedo. En el primer caso se habla de suelos duros o blandos, en el segundo de suelos friables y en el tercer caso de suelos pegajosos y plásticos.

Esta propiedad del suelo varía con la textura, contenido de materia orgánica, cantidad y naturaleza de la arcilla, cationes absorbidos y contenido de agua.

En el laboratorio es posible establecer los contenidos de humedad en los límites denominados límite plástico inferior y límite plástico superior. El límite plástico inferior indica el mínimo porcentaje de humedad al cual el suelo puede ser amasado. No se aconseja emplear maquinaria agrícola cuando el suelo tenga un contenido de humedad superior al del límite plástico inferior.

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA

La propiedad del suelo para retener agua depende principalmente de su textura, contenido de arena, limo y arcilla, estructura, permeabilidad y contenido de materia orgánica.

Se considera que el agua del suelo aprovechable para el crecimiento de las plantas es la que se encuentra en los poros capilares, y su contenido varía entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente.

La capacidad de campo ha sido empíricamente definida como la cantidad de agua que permanece en un suelo bien drenado, 24 horas después de una lluvia fuerte o irrigación. El punto de marchitamiento permanente es aquel contenido de humedad del suelo en el cual las plantas se marchitan y no se recuperan.

El manejo adecuado de los suelos implica el mejoramiento y conservación de aquellas características físicas deseables, susceptibles de ser mejoradas, para tener un medio apropiado para el crecimiento de las plantas.

CARACTERISTICAS QUIMICAS

Las propiedades básicas de un suelo resultan de una combinación de sus características físicas y químicas. Las propiedades químicas modifican las propiedades físicas, y la naturaleza química del suelo controla el suplemento y disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de las plantas. La mayor parte de la actividad química de un suelo depende del contenido y naturaleza de la arcilla, y de la materia orgánica bien descompuesta. Las partículas individuales de estas fracciones son muy pequeñas, usualmente menores de 0,002 mm. de diámetro. Ellas están íntimamente ligadas, constituyendo la fracción coloidal del suelo.

Para atender adecuadamente las propiedades químicas de un suelo, es necesario conocer el significado de algunos términos, como los siguientes:

1 - *Anión*. Es un ión negativo y se le denomina así porque en una

solución es atraído hacia el ánodo. En el suelo los aniones más importantes relacionados con el crecimiento de las plantas son los carbonatos (CO_3), bicarbonatos (HCO_3), sulfatos (SO_4), fosfatos (H_2PO_4 — HPO_4 — PO_4) y cloruros (Cl).

2 - *Catión* - Es un ión positivo y se le denomina así porque en una solución es atraído hacia el cátodo. En el suelo los cationes más importantes relacionados con el crecimiento de las plantas son el calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), cobre (Cu^{++}), zinc (Zn^{++}), manganeso (Mn^{++}), hierro (Fe^{+++}), aluminio (Al^{+++}), amonio (NH_4^+), e hidrógeno (H^+).

3 - *Adsorción*. Este término se refiere a la concentración o acumulación de moléculas o iones en una superficie.

4. *Intercambio de cationes*. Es el intercambio de un catión presente en la superficie de un coloide (arcilla, materia orgánica).

5. *Capacidad de intercambio de cationes*. Este término se refiere a la cantidad total de cationes que un suelo puede absorber por el fenómeno de intercambio de cationes. Este valor usualmente se expresa como miliequivalentes por 100 gramos de suelo seco. A mayor capacidad de intercambio mayor potencial de fertilidad del suelo, aunque otros factores tales como clase de cationes presentes, acidez y alcalinidad también están involucrados.

6. *Peso equivalente*. Se refiere al peso atómico dividido por la valencia. Un miliequivalente es el peso equivalente dividido por 1.000. Así por ejemplo, el calcio tiene un peso atómico de 40 y una valencia de 2; el peso equivalente sería $40/2=20$, y un miliequivalente de calcio $=0,020$ gramos.

7. *Suelo dispersado*. Es un suelo que tiene poca o ninguna resistencia al efecto dispersante del agua. Esta situación es común en suelos salinos saturados con sodio.

8. *Floculación*. Es la agregación del suelo en pequeñas masas.

ARCILLA

En general, se denomina arcilla a la fracción mineral del suelo menor de 0,002 mm. de diámetro. Los minerales arcillosos son minerales secundarios que se forman por la descomposición de minerales primarios, que estaban presentes en el material parental o roca madre. Sin embargo, en la fracción arcillosa de un suelo se pueden encontrar minerales primarios resistentes a la meteorización, como el cuarzo.

Los minerales arcillosos están constituidos por capas de alúmina y sílica. Un mineral de tipo 1:1 como la caolinita contiene una capa de alúmina por una de sílica. Los minerales de tipo 2:1 como la montmorillonita y la vermiculita, contienen dos capas de sílica por una de alúmina.

En la fracción arcillosa de los suelos también se pueden encontrar los óxidos, hidratos e hidróxidos de hierro y aluminio. Las arcillas tienen cargas negativas y actúan como aniones insolubles de gran tamaño, a los cuales se pueden adherir los cationes.

En la Tabla 1 se puede observar la composición de la fracción ar-

cillosa de varios suelos de Colombia, incluyendo los principales minerales presentes.

La capacidad de intercambio de cationes de un suelo varía con el contenido y tipo de arcilla y con el contenido de materia orgánica; para los diferentes tipos de minerales arcillosos más comunes se han encontrado las siguientes capacidades de intercambio de cationes:

Arcilla	C. I. C. en .m.e./100 g.
Caolinita	3-15
Montmorillonita	80-100
Illita	10-40
Vermiculita	100-150
Vermiculita-Clorita interestratificada	10-40
Hidróxidos de Fe y Al	2-5

En los suelos tropicales, con algunas excepciones, predominan la caolinita y los hidróxidos de hierro y aluminio en la fracción arcillosa, de tal manera que su capacidad de intercambio de cationes, es generalmente baja.

Tabla 1. Composición mineral de la fracción menor de 0,002 mm. en suelos colombianos.

SUELO	Minerales expresados como porcentaje aproximado						
	pH	Caolinita	Montmorillonita	Vermiculita	Vermiculita-clorita	Micas	Cuarzo
Río Bogotá (Cund.)	4,4	60	10	—	10-20	10	10
Coco Rojo (Valle)	4,6	80	Trazas	—	10	—	—
El Triunfo (Mag.)	7,3	10	10	20	—	50	10-20
El Placer (Cauca)	4,7	50-60	—	—	10	—	15-20
La Selva (Ant.)	5,0	—	—	—	10-40	—	—
Río Chicamocha (Boy.)	5,1	60	Trazas	10	10	10-15	20
La Libertad (Meta)	4,5	50-60	—	—	20-30	—	Trazas
Tibaitatá (Cund.)	5,0	70	Trazas	—	10-20	—	10
Arroyo (Tolima)	6,5	Trazas	—	—	—	75	10
Turipaná (Córdoba)	6,7	30	30-40	—	Trazas	10	10

En términos generales, la cantidad y naturaleza de la arcilla tiene influencia en algunas propiedades de los suelos, que a su vez afectan el crecimiento de las plantas, tales como textura, estructura, infiltración de agua y permeabilidad, capacidad de retención del agua, contenido de materia orgánica, capacidad de retención de bases intercambiables y fijación de fósforo, potasio y amonio.

MATERIA ORGANICA

La materia orgánica del suelo resulta de la acumulación de residuos de plantas y animales. Cuando está bien descompuesta recibe el nombre de "humus". En estado coloidal tiene una capacidad de intercambio de cationes de 200 m.e./100 gramos, aproximadamente. Además de ser una fuente de nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre, la materia orgánica tiene influencia sobre algunas propiedades del suelo, tales como estructura, porosidad, retención de agua, retención de cationes intercambiables, población de microorganismos y fijación del fósforo.

Por las características deseables que imparte al suelo, la materia orgánica debe conservarse y tratar de aumentarse. En Colombia se ha encontrado que la materia orgánica tiende a aumentar con la altura sobre el nivel del mar y con la disminución de temperatura. **Tabla 2.**

BASES INTERCAMBIABLES

El término de bases intercambiables o total de bases intercambiables, se refiere a la suma de los cationes calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^{+}) y sodio (Na^{+}), que posee un suelo en forma intercambiable.

Tabla 2. Contenido promedio de materia orgánica en suelos de varias regiones de Colombia.

REGION	Altitud media metros	Temperatura oC	M. O. %
Sabana de Bogotá	2.600	12	18,90
Zona cafetera	1.400	21	9,80
Valle del Cauca	1.000	24	4,20
Llanos Orientales	500	26	3,00
Costa Atlántica	50	28	2,40

La cantidad y naturaleza de las bases intercambiables depende de las condiciones bajo las cuales se ha formado el suelo, contenido y naturaleza de la arcilla y contenido de materia orgánica. Por el proceso de intercambio de cationes, estas bases pasan a la solución del suelo y de allí son absorbidas por las plantas. También parece que pueden ser absorbidas directamente de los coloides por el proceso conocido como "intercambio de contacto".

Dentro de ciertos límites, a mayor saturación del complejo de intercambio con bases, corresponde una mayor fertilidad del suelo. Debe existir cierto equilibrio entre las bases intercambiables para una adecuada nutrición de las plantas.

Cuando el complejo de cambio está principalmente saturado con sodio, se presentan muchos problemas.

REACCION DEL SUELO

La relación entre la cantidad de iones hidrógeno (H^{+}) y de iones hidróxidos (OH^{-}) se conoce con el nombre de acidez relativa. Cuan-

do una solución contiene más iones H^+ que OH^- , es ácida; cuando predominan los iones OH^- es básica o alcalina. En el suelo, la acidez depende de la presencia de hidrógeno y de aluminio en forma intercambiable. La acidez activa la constituyen los iones hidrógeno en la solución del suelo, y la acidez potencial es la que está unida a la superficie de los coloides orgánicos e inorgánicos y está constituida por los iones hidrógeno y aluminio.

El pH del suelo es una medida de su acidez activa y se define como el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno. Un pH de 7,0 es neutro; valores más bajos indican acidez y valores más altos de alcalinidad. Los rangos de pH en el suelo son:

Extremadamente ácido	menor de 4,5
Muy fuertemente ácido	4,5-5,0
Fuertemente ácido	5,1-5,4
Medianamente ácido	5,6-6,0
Ligeramente ácido	6,1-6,5
Neutro	6,6-7,3
Suavemente alcalino	7,4-7,8
Moderadamente alcalino	7,9-8,4
Fuertemente alcalino	8,5-9,0
Muy fuertemente alcalino	mayor de 9,0

La acidez del suelo se corrige con la aplicación de cal; la cantidad y frecuencia de aplicación de cal depende principalmente del cultivo que se va a tener, pH del suelo, aluminio intercambiable, textura, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio de cationes y porcentaje de saturación con bases.

En cuanto a los suelos salinos y sódicos, su recuperación puede incluir una serie de tratamientos como lavado y remoción de sales, aplicación de materia orgánica, aplicación de azufre, yeso, sulfato de aluminio, etc.

El tratamiento indicado depende de la naturaleza de las sales y de la saturación del complejo de cambio con sodio.

La reacción del suelo tiene influencia sobre algunas propiedades del suelo, disponibilidad de nutrientes para las plantas y crecimiento de éstas. Entre los principales efectos se pueden mencionar:

1. Disponibilidad del fósforo, calcio, magnesio, potasio y molibdeno. A pH bajos (suelos ácidos) el fósforo es precipitado por el hierro y aluminio que se encuentran en solución. Como el complejo de cambio está saturado principalmente con hidrógeno y aluminio, hay menor retención y mayor deficiencia de calcio, magnesio y potasio. El molibdeno es menos disponible a pH bajo.
2. Nitrógeno aprovechable. De 97 a 98% del nitrógeno aprovechable por las plantas proviene de la materia orgánica y ésta tiene que ser descompuesta por microorganismos, para producir amonio y nitratos que son las formas más utilizadas por las plantas. A pH bajo la actividad de estos microorganismos se restringe seriamente.
3. Efectos tóxicos. A pH bajos, el aluminio y manganeso, principalmente, pueden ser tóxicos para las plantas. A pH altos, en suelos saturados con sodio, este elemento puede ser tóxico.

4. Fijación del nitrógeno por las bacterias en los nódulos de las raíces de las leguminosas. Cuando el pH es bajo la fijación del nitrógeno atmosférico se reduce y aún se puede inhibir.
5. Disponibilidad de elementos menores. Todos los elementos menores, con excepción del molibdeno, son más disponibles a valores bajos de pH; en suelos neutros, alcalinos y calcáreos se puede presentar deficiencia de ellos.
6. Estructura del suelo. Un suelo saturado con sodio pierde su estructura por la dispersión de los coloides. La infiltración se reduce o no existe y el espacio poroso se reduce considerablemente.

Con algunas excepciones, el mejor rango del pH para el crecimiento de la mayoría de las plantas se encuentran entre 5,8 y 6,5 y uno de los objetivos de un buen programa de manejo de suelos es el de tratar de mantener el pH dentro de estos límites.

BIBLIOGRAFIA

1. Blasco, M. Propiedades químicas de los suelos del Valle del Cauca. Curso Administración Ganadera. SAG. 1968 (Mimeógrafo).
2. González, A. Algunas propiedades físicas de los suelos. Curso Administración Ganadera, SAG. 1968 (En mimeógrafo).
3. León, A. Estudios químicos y mineralógicos de diez suelos colombianos. *Agric. Trop.* 20: 442-451. 1964.
4. Lyon, L. T.; Buckman, H. O. and Brady, N. C. *The Nature and Properties of Soils.* The Mac Millan Co., New York, 1952.
5. Marín, G. y Gómez J. Algunos aspectos del análisis de suelos. IV. La interpretación del análisis. *Agric. Trop.* 22: 368-379. 1966.
6. Thompson, L. M. *El suelo y su fertilidad.* Editorial Reverté, S. A. Barcelona, 1962.