

Efecto provocado por los abonos orgánicos

fermentados (AOF) en las propiedades físicas del suelo

Por: GARCÍA V. FRANCISCO

RESUMEN

El suelo es un recurso natural no renovable, se considera como un cuerpo tridimensional que presenta propiedades físicas, químicas y biológicas; en él habitan macro, meso y microorganismos; además, las plantas se sostienen y toman los minerales de él. El componente sólido del suelo, contiene una fracción de materia orgánica, que le confiere unas condiciones apropiadas para el desarrollo de las plantas y demás habitantes del suelo; esta proviene de residuos vegetales y animales vivos y muertos que provocan en el suelo diferentes características, como capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), pH, color, temperatura, densidad, permeabilidad, textura, estructura, porosidad. Las diversas actividades agrícolas o pecuarias deterioran estas condiciones y en consecuencia disminuyen la capacidad productiva. Por esta razón, la adición de materia orgánica a través de los Abonos Orgánicos Fermentados (AOF), se convierte en una alternativa para mejorar la nutrición de las plantas, la alimentación de los organismos y las propiedades del suelo.

ABSTRACT

The soil is a non-renewable natural resource; it is considered as a three-dimensional body that presents physical, chemical and biological properties; within it they inhabit macro, meso and microorganisms; additionally, plants are sustained and they take the minerals from it. The solid component of the soil contains a fraction of organic matter, which gives it appropriate conditions for the development of plants and other inhabitants. The organic matter comes from vegetable residuals and from living and dead animals which cause different characteristics in the soil like the capacity of cationic exchange, CEC, electric conductivity CE, pH, color, temperature, density, permeability, texture, structure and porosity.

The diverse agricultural or cattle activities deteriorate these conditions and, in consequence, diminish the productive capacity. For this reason, the addition of organic matter, through Fermented Organic Manure (fertilizers) FOM(F), becomes an alternative to improve the plants nutrition, the organisms feeding and the properties of the soil.

* Mención en Ciencias Agrarias (C), Universidad Nacional de Colombia, Exp. en
Relevancia Agraria, FULC, Ingestivos Agrícolas, UPTC, Profesor tiempo completo,
FULC. E-mail: jfgar@terra.com

Introducción

Leibig en 1840 consideró al suelo como un recipiente o tubo de ensayo donde el material mineral ha sido colocado por fuerzas y agentes naturales, y dentro del cual el hombre vierte los fertilizantes para aportar nutrientes necesarios en el crecimiento de la planta; la fertilización sólo se ocupó de la nutrición vegetal, mostrando excelentes resultados aumentando la producción por área cultivada.

El suelo es un cuerpo tridimensional formado a partir de la combinación de minerales y materia orgánica; dentro de él se desarrollan diferentes procesos enzimáticos llevados a cabo por las raíces de las plantas y los organismos que en él habitan; allí también ocurren muchas reacciones químicas provocadas por el contacto del agua con los diferentes compuestos que lo conforman. Las partículas de arena limo o arcilla, se acomodan de diferente manera, dependiendo de su forma y tamaño, generando agregados que representan la estructura, permitiendo el paso de oxígeno, nitrógeno, gas carbónico, agua y minerales en solución, a través de los macro, meso y micro poros que se van formando.

El presente artículo corresponde a una revisión de literatura que busca explicar el efecto que puede provocar la aplicación de un AOF en las propiedades físicas del suelo; observar los cambios de color, estructura, consistencia, contenido y permanencia de agua además de evaluar los índices de aireación del suelo; está dividido en tres partes: la materia orgánica, los abonos orgánicos fermentados y la acción de los AOF sobre las propiedades físicas del suelo.

Durante mucho tiempo se ha empleado la adición de materia orgánica como enmienda para mejorar las condiciones físicas del suelo, mantener la población de microorganismos y aumentar la capacidad de intercambio iónico CIC e inclusive corrigiendo el pH. Pero esta práctica no ha permitido obtener los rendimientos que se dan con los fertilizantes de síntesis química. En la producción agrícola, industrial o ganadera la adición de materia orgánica no se tiene en cuenta.

Con la adición de fertilizantes de síntesis química se alimentan las plantas pero no los organismos del suelo, por ser compuestos de inmediata reacción; los que no son consumidos por la planta se lixivian, evaporan o reaccionan con los cationes alterando el pH y la CIC, acidez intercambiable, y en algunos casos las propiedades físicas del suelo, (estructura, color, temperatura, consistencia, permeabilidad, infiltración, densidad aparente, entre otras).

La aplicación al suelo de AOF, es una práctica que busca el aprovechamiento de los recursos locales, mantener la población de macro, mezo y microorganismos, servir de nutriente para las plantas por los minerales agregados en su preparación y mejorar las condiciones físicas del suelo.

Materia orgánica

La materia orgánica constituye una parte importante de la fracción sólida del suelo, su contenido depende de la humedad relativa, pH, tipo de arcillas y topografía, factores que afectan la tasa de descomposición. Por esta razón, el contenido de materia orgánica es diferente en cada piso térmico o clase taxonómica del suelo. Algunos suelos presentan contenidos de 0.1% mientras que otros pueden alcanzar el 95%, esto ha servido como criterio para la clasificación de suelos minerales (xisoles, ultisoles, inceptisoles, etc) y suelos orgánicos como los histosoles.

Castro (1998), considera como materia orgánica a todo tipo de desecho o residuo de origen animal o vegetal que se encuentra sobre la superficie del suelo: rastrojos, hierbas, hojas, troncos, raíces, frutos, desperdicios de cosecha, abonos de origen animal (estiércoles), abonos verdes, compost, macro y micro organismos de suelo.

De otro lado, Narro (1994), sostiene que, los materiales orgánicos que sintetizan las plantas son consumidos por una gran variedad de seres vivos, quienes los degradan parcialmente o los transforman en nuevos compuestos orgánicos dentro de la cadena alimenticia, y finalmente los depositan como restos vegetales y animales en el suelo, donde los microorganismos y reacciones químicas los transforman en compuestos más simples, de menor energía.

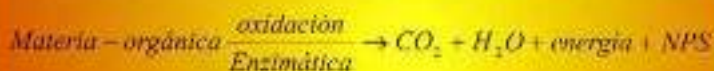
Barbano (1989), dice, la geoquímica del carbono tiene una especial significación en razón del papel clave de este elemento en la estructura protoplasmática y de su esencialidad en el metabolismo energético de los heterótrofos. El ciclo conlleva el intercambio del elemento entre sus varias partes vivientes y no vivientes del ecosistema. En este proceso, parte de los nutrientes es asimilada por los microorganismos o incorporada en los tejidos microbiales. Algunos de estos compuestos sufren por acción microbiana un proceso de mineralización, pasando a formas inorgánicas bien solubles, (PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) o bien gaseosas (CO_2 , NH_3).

Las ligninas según Primavesi (1984), se descomponen en un primer período por hongos y actinomicetos que son los únicos que consiguen romper ciclos estructurales muy complejos; hongos como (*Epicoecum nigrum*) también producen el color oscuro típico de los fenoles y melaninas.

Los hongos, para Labrador Moreno (1996), son potentes agentes lignolíticos, celulolíticos y peptinolíticos, también degradan la quitina y la queratina, y muchos ayudan o liberan sustancias hidrosolubles, antibióticos y pigmentos oscuros de gran importancia en el proceso de humificación.

Los residuos de plantas tienen una constitución orgánica así: celulosa en proporción que varía del 15-60% del peso seco, hemicelulosa del 10-30%, ligninas del 5-30%, sustancias solubles en agua como: azúcares simples, aminoácidos, ácidos alifáticos del 15-30%; sustancias solubles en éter en alcohol: grasas, aceites y ceras, proteínas en las cuáles se encuentra gran parte del nitrógeno y azufre orgánico.

Munevar (1982), considera que los microorganismos, especialmente las bacterias y hongos utilizan materia orgánica como fuente de alimento, en consecuencia, una parte del carbono es asimilada por ellos y otra se libera como CO_2 , en este tipo de reacción se produce energía y agua, además de N, P y S provenientes de los compuestos orgánicos, como lo muestra la siguiente reacción.



Salamanca (1995), menciona la relativa facilidad con que las distintas sustancias orgánicas que se encuentran en el suelo o en los residuos incorporados son degradadas, de acuerdo con su naturaleza depende el tipo de enlaces químicos que tiene cada clase de sustancias, las enzimas requeridas para romper tales enlaces y las sustancias con las cuales se encuentra asociada; por ejemplo, la celulosa y la hemicelulosa son más fáciles de degradar que la lignina, sustancia presente en el aserrín. La quitina presente en células de hongos y el exoesqueleto de los artrópodos es relativamente resistente a la degradación biológica. El almidón presenta una biodegradabilidad intermedia y las proteínas son fácilmente biodegradadas.

De otra parte, Labrador Moreno (1996) sugiere que estos restos tan dispares, que la bioquímica define como "polímeros de compuestos orgánicos" y que podemos denominar "materia orgánica fresca" bajo la acción de factores edáficos, biológicos y climáticos, sean sometidos a un constante proceso de transformación; en una primera etapa degradados y despolimerizados por vía biológica hasta los componentes elementales de sus constituyentes básicos: proteínas, hidratos de carbono, aminoácidos, ácidos orgánicos complejos etc.

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (1995), las principales vías de evolución para cada familia de sustancias de acuerdo con Andreux (1973), son las siguientes.

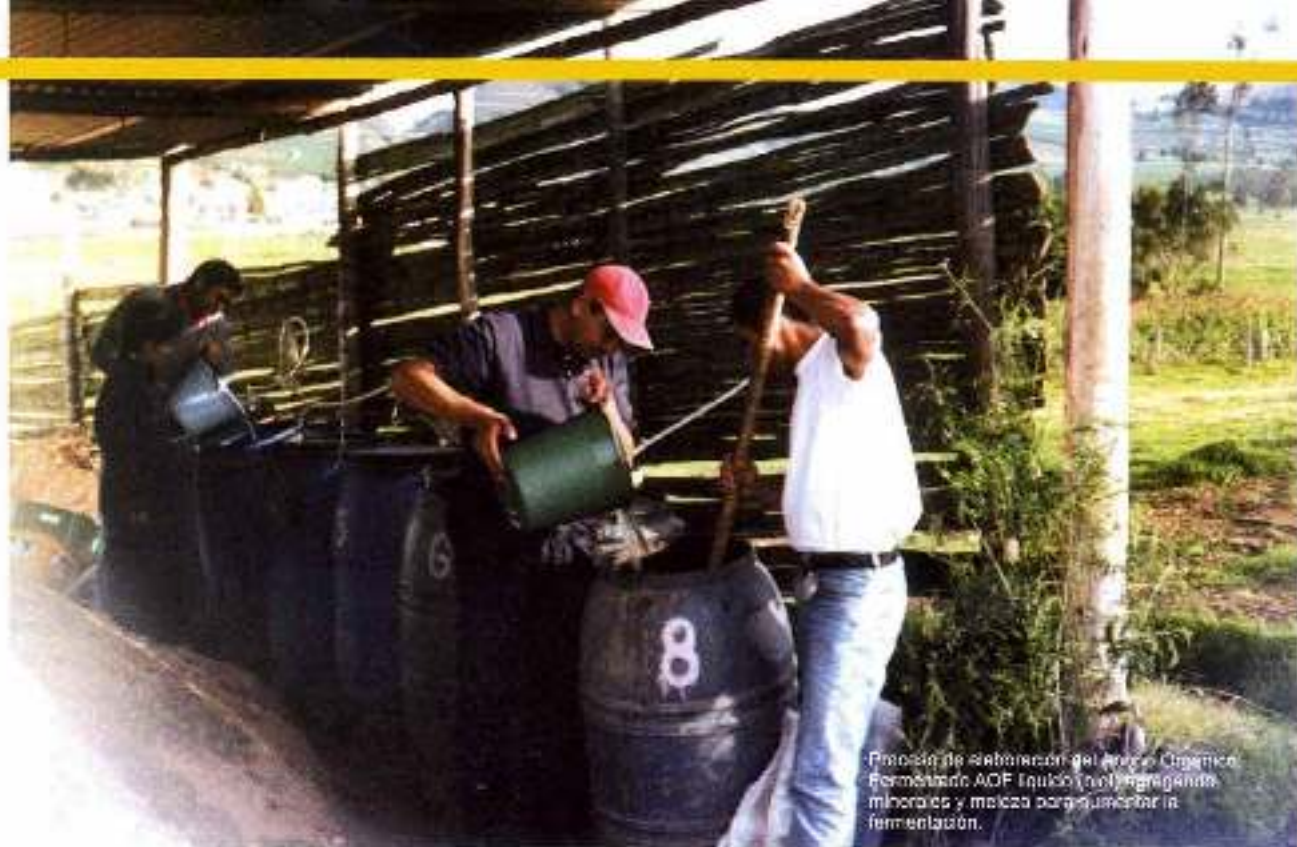
- Glúcidos (azúcares sencillos, hemicelulosa, celulosa): hidrólisis, celulólisis
- Prótidos (ácidos aminados, péptidos, proteínas): proteólisis
- Lípidos (ceras, ésteres complejos): saponificación, hidrólisis
- Polímeros fenólicos (pigmentos, ligninas, taninos): hidrólisis, oxidación

Las sustancias anotadas pueden sufrir una degradación más compleja (mineralización) o seguir otro ciclo de evolución transformándose bajo la acción de microorganismos en otras sustancias orgánicas.

Los microorganismos pueden sintetizar e incorporar a sus tejidos las sustancias que han degradado, tanto aquellas compuestas por moléculas sencillas como por polímeros. Cuando los microorganismos mueren pasan a formar el humus del suelo. Algunas de estas sustancias son:

- **Proteínas:** reserva protoplásmica de nitrógeno orgánico.
- **Polisacáridos:** sencillos no aminados; estas sustancias pueden adsorberse fácilmente sobre las arcillas y contribuyen a estabilizar la estructura del suelo.
- **Pigmentos oscuros:** estas sustancias tipo ácido húmico contribuyen a la coloración parda u oscura de los suelos. El tipo más corriente de polímero fenólico oscuro procede de la oxidación enzimática de ciertos substratos fenólicos sencillos; su polimerización ulterior se lleva a cabo fijando cadenas proteicas.

Es importante tener en cuenta el origen de los materiales, tanto los desechos vegetales como animales, para evitar que en ellos vengan compuestos inorgánicos u orgánicos que contaminen el suelo donde serán agregados; por tal razón los compostajes realizados con desechos urbanos, sin una buena selección y clasificación no pueden ser empleados en la fertilización de cultivos para consumo humano o animal, porque estos pueden contener metales pesados provenientes de los mismos desperdicios (pilas, tintas de papel). Además, un inadecuado proceso de fermentación puede formar compuestos como ácidos orgánicos (láctico, acético y butírico) que en altas concentraciones inhiben el crecimiento de los microorganismos. Estos ácidos son producidos por la misma reacción de la materia orgánica, también se puede formar ácido sulfúrico o sulfuroso y ácido nítrico, entre otros, que pueden llegar a ser contaminantes del suelo.



Proceso de elaboración del AOF. Orgánico fermentado AOF líquido (con agregados minerales y maíz) para mejorar la fermentación.

Abono orgánico fermentado (AOF)

Se conoce con este nombre a los residuos de origen vegetal y animal que son mezclados con una fuente de energía. Cuando se preparan en forma sólida: son inoculados con un fermento, reciben la adición de minerales en proporción hasta de 5% en peso; son rociados con agua en una relación que no exceda la condición aeróbica de la mezcla, para que puedan activar los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica, que mediante reacciones enzimáticas degrada celulosa, hemicelulosa, quitina, lignina entre otras.

Cuando se preparan en forma líquida se utiliza estiércol fresco diluido en suficiente agua, se agregan carbohidratos para acelerar la fermentación, una fuente de proteína y minerales. En este caso ocurre un proceso de fermentación anaeróbica por la saturación de agua. Los minerales agregados son quelatados en la mezcla por las moléculas de ácidos orgánicos allí formados; la fermentación produce gas metano y alcohol, moléculas reconocidas por el olor y la combustión del gas.

Tanto los AOF sólidos como líquidos contienen una alta población de microorganismos propios de los materiales con los que se elaborados y del proceso a que son sometidos. Según Burbano (1989) en los caldos microbianos, AOF líquidos, se forma ácido láctico por la acción de lactobacillus, este puede ser transformado por otro grupo de bacterias en ácido propi-

ónico produciendo ATP. Estas bacterias del ácido propiónico ganan sólo su molécula de ATP por cada tres moléculas de ácido láctico que usan. Los productos finales de la fermentación incluyendo el etanol y el láctico también pueden ser mezclados bajo condiciones aeróbicas para producir ATP adicional.

Al respecto Pinheiros (2003), afirma que, el fenómeno de la vida se rige por tres factores: nutrición, reproducción y protección; sincronizados por la energía. Cuando se suministra al suelo y a la planta un compuesto con varios minerales y moléculas orgánicas se desencadenan muchas reacciones químicas, bioquímicas y biofísicas, porque se está aprovechando la energía por los diferentes seres vivos allí presentes, ya que un organismo produce energía para otro.

La característica de un AOF, es la activación de la vida en el suelo, por la cantidad de microorganismos que se pueden aportar, aumentar o atraer al lugar de aplicación, estos por su misma actividad solubilizan muchas sustancias que también la planta puede aprovechar directamente antes de que el microbio las absorba. Es importante recordar que la planta no toma moléculas orgánicas por ser grandes, pero además porque como organismo autótrofo ella misma sintetiza las que sean necesarias; por tanto depende de un buen suministro de minerales por parte del suelo o provenientes de la enmienda aplicada.



Elaboración de un AOF sólido betasúli. En el proceso es muy importante la homogeneización de las materias pías y aplicar la mejor práctica para alcanzar la temperatura adecuada.

El estiércol empleado en la fabricación del abono debe provenir de animales sanos, no tratados con antibióticos que destruyen los microorganismos, dejándolo sin descomponedores. Los tamos, ramas, hojas de cosechas que hayan sido tratadas con pesticidas, pueden contener moléculas que afectan la población microbiana aunque por la temperatura a que se somete el abono durante la fermentación estas moléculas de pesticidas y antibióticos se degradarían, lo cual en nuestro medio aún no se ha demostrado científicamente.

Según Bornemisa (1982), se ha observado que en condiciones constantes, por ejemplo aplicando la misma cantidad de plaguicida, la cantidad absorbida es

proporcional a la superficie disponible para la absorción. Así, los suelos con mucha materia orgánica se caracterizan por su extensa superficie, en consecuencia absorberán y con ello inactivarán más sustancias tóxicas que otros suelos de superficies reducidas.

La materia orgánica aportada a un suelo debe pasar por un proceso de transformación en el que intervienen microorganismos temperatura, humedad y oxigenación, proceso sin el cual no es posible hacerla disponible y de buena calidad para ser incorporada en el ciclo de la vida.

En la tabla 1, se presentan las fuentes más utilizadas en la elaboración de AOF y sus aportes minerales a las plantas

Tabla 1.
Fuentes naturales de minerales aportados a las plantas a través de los AOF

FUENTE	APORTE
Roca fosfórica	Fósforo y calcio
Caifos	Fósforo calcio h hierro azufre
Carbonato de calcio	Calcio
Cal dolomita	Calcio y magnesio
Ceniza de carbón mineral*	Potasio*
Ceniza de carbón vegetal	Potasio
Escorias Thomas	Fósforo calcio hierro y azufre
Sulfato de potasio	Potasio
Ácido bórico o borax	Boro
Sulfatos de Cu, Fe, Mn, Mg, Zn	Cu, Fe, Mn, Mg, Zn

* No se aconseja que el carbón mineral contenga arsénico, lo cual es dañino para las plantas y el suelo.

Los minerales menores como cobre, hierro, zinc, magnesio, manganeso, boro y azufre pueden ser adicionados a los AOF sólidos a través de un caldo microbiano enriquecido con minerales, los cuales han sido suministrados durante el proceso de fermentación anaeróbica y por reacción con los ácidos allí presentes, sometidos a un proceso de quelatación.

ACCIÓN DE LOS AOF SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

En el suelo se acomodan de diferente manera dependiendo de su forma y tamaño las partículas de arena limo o arcilla dando forma a los agregados que representan la estructura, permitiendo el paso de oxígeno, nitrógeno, gas

carbónico y agua a través de los macro, mezo y micro poros que se van formando. Malagón y Montenegro (1990) argumentan que "una planta cumple normalmente sus funciones fisiológicas cuando su sistema radical explora el mayor volumen posible; función que

puede cumplirse solo si las condiciones físicas son favorables". A continuación se comentan y analizan las experiencias de algunos investigadores sobre la acción de la materia orgánica en las propiedades físicas del suelo.

Textura

Definida como la distribución de las partículas de suelo por su tamaño, se relaciona con otras de sus propiedades del mismo, por ejemplo, el contenido de materia orgánica los suelos de textura arenosa presentan en general menos materia orgánica y nitrógeno, en comparación con otros de composiciones más finas, ello puede deberse a una mayor humedad en los de texturas finas y una mayor oxidación en los medios de compuestos más gruesos.

Al respecto Burbano (1989), afirma, la materia orgánica y la fracción mineral del suelo no actúan en forma independiente, sino que en muchos casos como en los Andisoles, ocurren mezclas y uniones muy estables entre compuestos inorgánicos y orgánicos, como resultado de la combinación de estos materiales. Es decir, la unión a través de los enlaces de nitrógeno o la atracción que pueden ejercer un catión polivalente como el calcio entre la materia orgánica y el suelo.

Estructura

La estructura del suelo es la forma en que sus partículas (arena, limo y arcilla) están ensambladas formando agregados; los agregados más pequeños se llaman "peds", la estructura incluye el tamaño, forma y arreglo de los agregados que se forman cuando las partículas primarias se agrupan en unidades separables más grandes. Las arcillas se arreglan en dominios o paquetes de cristales orientados, y éstos a su vez están unidos entre sí. La unión puede ser electrostática entre las cargas de borde positivo sobre un dominio y la fase cargada negativamente de otro, o puede establecerse por medio de la materia orgánica.

Según Emerson (1959), citado por Montenegro y Malagón (1990) se pueden presentar cuatro tipos de enlace:

1. Tipo de enlace A: cuarzo - materia orgánica - cuarzo
2. Tipo de enlace B: cuarzo - materia orgánica - dominio arcilla
3. Tipo de enlace C: dominio arcilla - materia orgánica - dominio arcilla
C1 Cara - materia orgánica - cara
C2 Borde - materia orgánica - cara
C3 Borde - materia orgánica - borde
4. Tipo de enlace D: borde del dominio - cara del dominio

Primavesi (1987), afirma que, para formar grumos estables a la acción del agua, se necesita materia orgánica y microorganismos. Estos en la descomposición de material celulósico producen una "Jalea bacteriana", los ácidos poliurónicos, que "pegan" los agregados formando grumos. Las bacterias más eficientes son los *Cytophaga* y *Sporocytophaga*, bacterias aeróbicas, que cuando están bien nutridas pueden producir grandes cantidades de "cola". Esto no depende tanto de su cantidad como de su eficiencia, sin embargo, para formar grumos, se necesita encontrar agregados formados por atracción electroquímica. La mejora de la estabilidad está relacionada con la resistencia que ofrece el suelo frente a la degradación de diversos agentes fundamentalmente el agua y el viento.

Sobre este mismo tema, Labrador (1996), afirma que, la materia orgánica en condiciones adecuadas ejerce una acción óptima sobre la estabilidad de la estructura, e indirectamente también, sobre todos los parámetros relacionados con ella: circulación de agua, aire, calor; la penetración de raíces de las plantas, etc. Igualmente favorece la resistencia del suelo frente a la erosión, al disminuir la mojabilidad de los agregados por lo tanto reducir la disgregación de las partículas del suelo y el encostramiento facilitando y haciendo permanentes las labores agrícolas.

Color

El contenido de materia orgánica es una característica deducible del color, generalmente en zonas templadas, los suelos oscuros son relativamente más ricos en materias orgánicas que aquellos con colores más claros. En suelos bien drenados los colores usualmente cambian desde los pardos muy pálidos, a través de pardos intermedios, hasta pardos muy oscuros o negros, conforme aumenta la materia orgánica. La parte más estable de la materia orgánica descompuesta, el humus, es más oscuro que la materia orgánica poco evolucionada o los residuos vegetales menos descompuestos.

Los suelos negros alcalinos deben su color a la solubilidad del humato de sodio. Los suelos de colores oscuros, bajos en materia orgánica, puede contener compuestos de hierro y humus, carbón elemental, compuestos de manganeso y magnetita. La intensidad del color depende de la naturaleza y distribución de la materia orgánica tanto como la cantidad total. El color gris claro puede indicar un contenido muy bajo de materia orgánica y hierro. La materia orgánica al oscurecer el suelo, aumenta la capacidad de este para absorber la energía radiante del sol y favorecer los procesos biológicos.

Consistencia

Baver (1972) citado por Montenegro y Malagón (1990) sostuvieron que, la consistencia del suelo comprende las manifestaciones de las fuerzas de cohesión y adhesión, que obran dentro del suelo con diferentes contenidos de humedad.

La cohesión o atracción molecular se lleva a cabo por las cargas superficiales de las partículas de arcilla, por los enlaces rotos en las láminas y por la atracción entre partículas ("fuerza de Van Der Waals"). La consistencia como resultado de la atracción molecular, se manifiesta alta, si las partículas del suelo están muy cerca unas de otras y si las áreas superficiales en común son relativamente grandes.

La consistencia del suelo es la resistencia que este opone a la deformación o ruptura; es el grado de cohesión o adhesión de la masa. La consistencia depende fuertemente del contenido de humedad y de la cementación de las partículas sólidas, lo cual se relaciona con la textura, cantidad y naturaleza de los coloides orgánicos e inorgánicos, y con la estructura. (Narro 1994).

Debido a la relación tan importante entre el contenido de humedad y la consistencia del suelo, se le puede atribuir a la materia orgánica una gran influencia en razón de que ésta absorbe hasta seis veces su peso en agua haciéndolo más friable, es decir fácilmente desmoronable; la mayoría de los suelos de textura migajón son friables en húmedo, lo cual es una propiedad agrícola deseable; la estructura granular y la consistencia friable de un suelo húmedo resultan ideales para la labranza mínima.

Porosidad

Capacidad de aire y capacidad de agua en una fracción de suelo. La porosidad del suelo se determina por el acomodo de partículas sólidas. Los suelos arcillosos y orgánicos ricos en coloides, generalmente tienen altos valores de porosidad (alrededor de $6 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$) debido a que las cargas eléctricas de estos coloides generan un acomodo de partículas con mucho mayor espacio libre (poros).

La porosidad del suelo depende de la textura, estructura, materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos, labranza y otras características y su manejo, incrementando la porosidad por los residuos de raíces que al descomponerse dejan espacios entre las partículas sólidas, lo que facilita la penetración de agua y aire.

Un suelo bajo un sistema de producción agrícola intensiva tiende a compactarse, y a reducir sus porosidad, perdiendo parte de su potencial de producción; la materia orgánica evita o reduce la formación de costras al permitir la infiltración de agua y favorecer la formación de nuevos agregados, debido a la acción cementante.

La porosidad del suelo es una característica inversamente proporcional a la densidad aparente; cuando disminuye la densidad aparente, indica una mayor porosidad. Suelos con alta porosidad (mayores a 50%) presentan bajas densidades aparentes ($0.1-1.3 \text{ g/cm}^3$). Existe una relación estrecha con altos contenidos de materia orgánica que le imprime al suelo condiciones de liviandad, aireación y buena retención de humedad.

Densidad aparente

Es la relación entre la masa de los sólidos y el volumen total que estos ocupan, es decir, se incluye el espacio poroso existente entre las partículas sólidas. El valor varía entre 1.0 g/cm^3 en suelos arenosos compactados.

Los suelos orgánicos y los suelos minerales con altos contenidos de materia orgánica tienen una densidad aparente menor, debido a su gran porosidad y liviandad. En suelos derivados de ceniza volcánica (negros con alta materia orgánica), los valores de densidad aparente llegan en algunos casos a ser menores que la unidad. Con la disminución de la materia orgánica aumenta el valor de la densidad aparente.

Permeabilidad e infiltración

Corresponde al movimiento del agua dentro del perfil del suelo, la materia orgánica aumenta la permeabilidad al agua y al aire, debido a su acción positiva sobre la porosidad y sobre la actividad de la fauna edáfica (grietas, galerías, etc). Según Labrador (1996), la gran hidrofilia de los coloides húmicos, hace aumentar la capacidad del suelo para retener agua. Esta propiedad tiene un doble efecto práctico, pues permite almacenar más agua durante las estaciones húmedas, y reducir en periodos cálidos, las pérdidas por evaporación, con el consiguiente interés para el balance hídrico del suelo.

Temperatura

Kohnke (1972) citado por Montenegro y Malagón (1990), la habilidad para controlar la temperatura del suelo es limitada. Sin embargo se pueden modificar algunos factores ambientales y del suelo, aunque el clima de una determinada área no se puede controlar. Los cambios en el contenido de humedad y la estructura del suelo pueden alterar la conductividad térmica. La capacidad térmica y, por consiguiente, la difusión térmica y la temperatura del suelo.

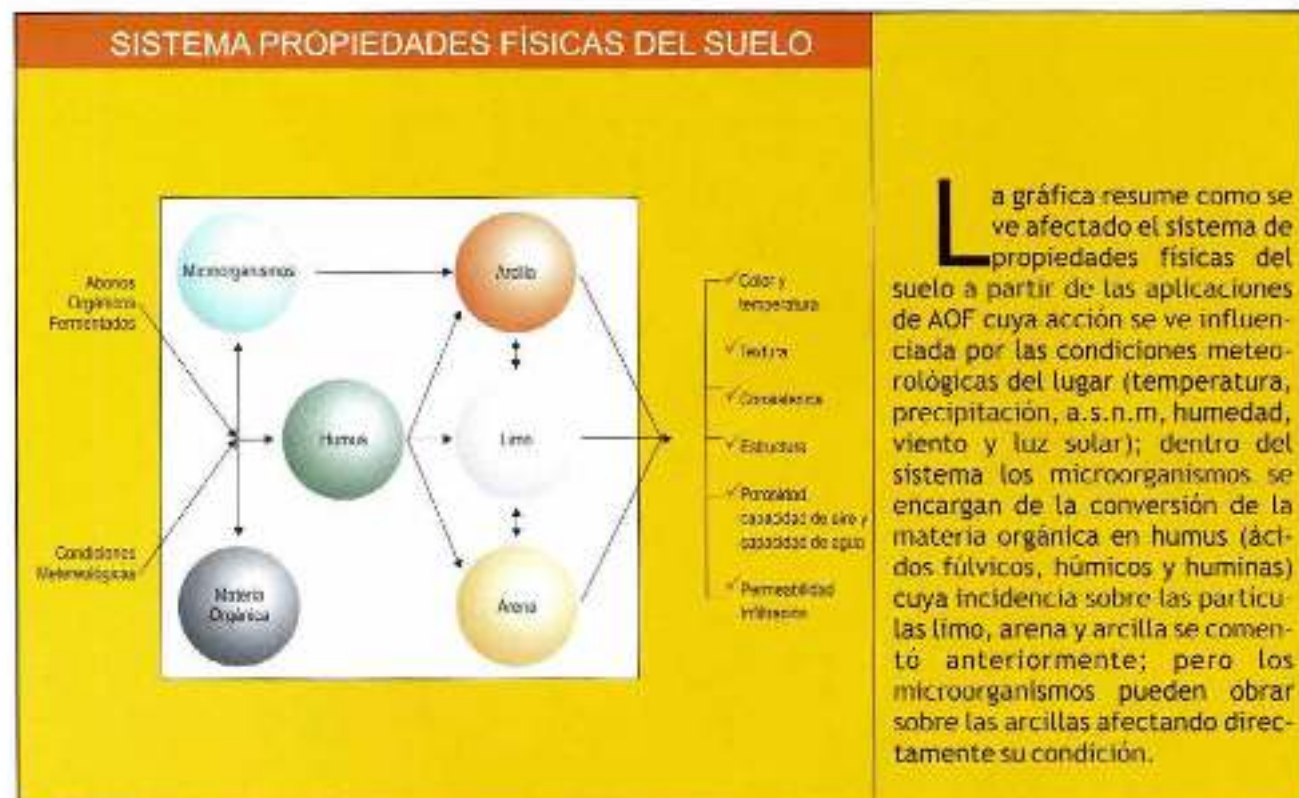
La temperatura del suelo disminuye al evaporarse el agua que contiene. Los cambios de fase, ya sea sólida o líquida y de esta a vapor, requieren de calor para efectuarse, el cual es tomado del suelo. La disminución del contenido de materia orgánica en el suelo

favorece el cambio de temperatura, porque la materia orgánica retiene un alto porcentaje de humedad.

Alexander (1977) citado por Gómez (2000), dice que la descomposición de las materias añadidas al suelo ocurre entre 30- 40 °C. Asimismo, para Van Der Linden et al (1987) citado por el mismo autor, las condiciones óptimas para la descomposición se dan a una temperatura de 28-40 °C. Una variable asociada con la temperatura del suelo es la de altitud, es así como a mayor altitud menor temperatura y menor velocidad de descomposición de la materia orgánica. De

hecho según Primavesi (1987) no es posible esperar que exista humedad en el trópico y en el subtrópico, porque falta la condición básica: frío intenso y seco.

El calor de humedecimiento del humus es alto (10-20 cal/g), cuando se humedece el humus puede absorber de 2 a 6 veces su propio peso en agua; no obstante si se a seca completamente es difícil humedecerlo nuevamente debido a la finura de los poros y a la presencia de aceites repelentes al agua, ceras y resinas.



BIBLIOGRAFÍA

- AZCON-BIETO, J. y TALON, M. (2000). Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid-España. Ediciones Universidad de Barcelona.
- BOENEMISZA, E. (1982). Introducción a la química de suelos. Washington DC. Editora Eva V. Chesneau.
- BURDANO, H. (1989). El suelo una visión sobre sus componentes biológicos. Pasto Colombia. Universidad de Nariño.
- CASTRO, E. (1998). Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Tunja Editorial PUJC.
- CEPEDA, J. (2002). Química de Suelos. México D.F. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- GÓMEZ, J. (2000). La materia orgánica en el agroecosistema. Palmira, Valle, Universidad Nacional de Colombia.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. (1999). Propiedades físicas de los suelos. Editor subdirección agrícola. Bogotá.
- _____ (1995). Suelos de Colombia. Santa fé de Bogotá DC. Edición e Impresión Canal Ramírez Antares Ltda..
- LABRADOR, J. (1996). La materia orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de agricultura, Pesca y alimentación. Madrid.
- MUNEVAR, F. (2000) Análisis químico del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo.
- NARRO, E. (1994) Física de suelos con enfoque agrícola. México, Trillas.
- PINHEIRO, S. (2002). Segundo seminario taller sobre Ingeniería metabólica, Remineralización de Suelos y Agricultura Ecológica. Tunja: Fundación • Universitario Juan de Castellanos.
- PRIMAVESI, A. (1980). Manejo ecológico del suelo. Buenos Aires: Editorial El Ateneo.
- PRIMAVESI, A. (2003) Memorias seminario taller, los biotritadores del suelo, una herramienta de análisis de agricultura orgánica. Tunja PUJC. Octubre.
- SAMANCA, R. (1995). Suelos y fertilizantes. Bogotá Universidad Santo Tomás.
- SALISBURY, F. y ROSS, C. (1992). Fisiología vegetal. México DF. Grupo Editorial Iberoamérica.
- SÁNCHEZ, M. (1999). Endomycorizas en agroecosistemas colombianos. Palmira, Valle. Universidad Nacional de Colombia.