

pp. 22-60

CAPÍTULO 2

El suelo

Formación del suelo

El suelo es el soporte natural de las plantas, a este se fijan mediante sus raíces y extrae, además, buena parte de los elementos que necesitan para su subsistencia y desarrollo. Su formación se produce en la parte sólida del planeta que está más próxima a la atmósfera, donde se hace posible la acción de un número de factores o agentes edafizadores y, por tanto, el desencadenamiento de los procesos que conducen a la formación de un perfil.

A su vez la formación de los distintos horizontes es el resultado de la interacción de los elementos vivos y no vivos que se manifiestan en esa zona. No puede formarse entonces un suelo por la simple meteorización de las rocas sin la acción de los microorganismos, la vegetación, etc. Al mismo tiempo la acumulación y descomposición de materia orgánica en la superficie de la tierra no llega a formar un suelo si no se mezcla con los minerales provenientes de las rocas en descomposición.

Por tanto, si se quiere hacer un recuento de la formación y el desarrollo del suelo se debe distinguir los procesos que intervienen en ello y los factores que de una u otra forma lo afectan.

Según V.V. Dokuchaev: el *suelo* es el producto de procesos y factores que dan lugar a las propiedades de los distintos tipos de suelos. Esta es la consecuencia de la naturaleza tanto de las fuerzas destructivas como constructivas. Constituye el

hábitat de las plantas que a la vez favorece su desarrollo y, además, es el medio de mayor importancia en el desarrollo de los cultivos.

Diagrama de Dokuchaev

Factores de formación del suelo	Procesos de formación del suelo	Propiedades de los suelos
---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------

Procesos y factores que intervienen en la formación del suelo

Todo el suelo es el resultado de un conjunto de *procesos* de intemperismo o milenización, llamados geofísicos, geoquímicos y geobiológicos. En el transcurso del tiempo, la totalidad de estos procesos recibieron el nombre de edafización y, en general, provocan la fragmentación y transformación de la roca, así como la mezcla con residuos orgánicos. Cada proceso de la formación del suelo representa un complicado intercambio de energía, materia, un complejo de prolongada interacción entre las rocas, el mundo orgánico y el medio en que se produce.

Los *factores* de formación del suelo son todos los fenómenos de la naturaleza que son fuentes de materia y energía y que toman parte de alguna forma en la formación del suelo, así como las condiciones que rigen el curso del desarrollo del mismo en el espacio y en el tiempo. Por otra parte se debe destacar que cada proceso ocurre debido a la acción combinada de un grupo de factores, de forma tal que las agrupaciones que se relacionan a continuación por su estudio son meramente convencional y se plantean a los efectos, de un mejor conocimiento de estos.

Procesos de intemperismo

Entre los procesos de intemperismo se encuentran los geofísicos, geoquímicos y geobiológicos, que influyen cada uno de ellos sobre la formación del suelo de la siguiente manera:

Procesos geofísicos. Son los que hacen que las rocas con el transcurso del tiempo se agrieten, fragmenten y desmenucen hasta convertirse en polvo. En estos procesos influyen la temperatura, las heladas, el agua (precipitaciones o corrientes), los glaciares y los vientos.

Temperatura: transforma las rocas por los efectos de los cambios bruscos de sus valores cuantitativos, que provocan contracciones y dilataciones diferentes según el coeficiente de dilatación de cada mineral que contengan, por lo que comúnmente se produce su fraccionamiento. La temperatura influye, además, acelerando o retrasando la velocidad de las reacciones químicas e indirectamente por su efecto sobre los organismos vivos.

Heladas: provocan la destrucción de las rocas. El agua penetra por las fisuras y poros de las rocas y al congelarse (propiedad especial del agua) aumenta hasta el 10 % de su volumen provocando así el fraccionamiento en bloques que se desprenden cuando *ocurre la descongelación.*

Agua: es uno de los factores más dinámicos en la formación del suelo. La acción mecánica de las lluvias contribuye al fraccionamiento de las rocas. Posteriormente el agua que no es absorbida por la superficie terrestre se evapora, corre por la superficie del terreno ya sea por líneas de drenaje natural o por la superficie propiamente dicha. En el primer caso, transporta y distribuye gran cantidad de materiales de distintos tamaños y en el segundo caso, disgrega y transporta productos finos de la edafización, con lo que en el transcurso del tiempo erosiona

el terreno. El agua que se infiltra permite los procesos de eluviación (transporte de materiales de las capas superiores del suelo) y de iluviación (deposición de estos materiales en las capas inferiores). Debe destacarse la influencia indirecta de este factor en la ocurrencia de las reacciones químicas, en la regulación de la temperatura en el aire del suelo y en la actividad de los organismos vivos.

Glaciares: son enormes masas de hielo en movimiento, constituyen agentes muy enérgicos para la formación del suelo, ya que modifican el relieve, tienen un amplio poder de transporte y de erosión. Aunque la actividad de los glaciares es hoy día prácticamente insignificante en las zonas tropicales, en la época de las grandes glaciaciones fueron de gran peso en la formación de nuestros suelos.

Viento: debe tenerse en cuenta ya que contribuye a distribuir la humedad y la temperatura, es un factor de meteorización, erosionante, etcétera.

Procesos geoquímicos. Este tipo de proceso se refiere a las transformaciones o reacciones de los minerales de las rocas primitivas y las nuevas sustancias resultantes. Ante todo, se hace necesario destacar que este tipo de proceso necesita la presencia del agua, pues las transformaciones se inician con la disolución de los minerales (aquellos que son solubles). En estos procesos influyen la solubilidad, los procesos de oxidación-reducción, la hidrólisis, la hidratación y la carbonatación.

Solubilidad: la mayor parte de los componentes de la roca son insolubles en agua pura, pero pocos resisten la acción del agua que contiene dióxido de carbono en solución. El agua de lluvia inicialmente tiene poca cantidad de este compuesto disuelto, pero al ponerse en contacto con el aire del suelo y de la atmósfera más cercana a este, se mezcla con este gas y aumenta considerablemente su acción disolvente. Con la disolución de los minerales se

hace posible una serie de reacciones químicas de gran importancia para la formación del suelo.

Oxidación-reducción: son reacciones en las que se produce un cambio de la valencia en ejercicio por los átomos. En el suelo, estas reacciones son producidas por la adición o la sustracción de oxígeno a las sustancias, que se oxidan o se reducen respectivamente. Los productos de dichas reacciones son minerales de gran importancia porque pueden pasar en reacciones posteriores a formas asimilables por las plantas a través de los elementos que les son imprescindibles.

Hidrólisis: esta es la fase más importante de la descomposición de los feldspatos, micas y materiales similares. Consiste fundamentalmente en la acción química del agua sobre minerales expuestos que produce la liberación de un ácido y de los gases combinados con este. Como resultado de la hidrólisis se forman nuevos materiales que consisten en mezclas de distintos compuestos.

Hidratación: es la acción del agua como agente de combinación y cristalización de los materiales. Con esta acción de combinación los minerales se ablandan, pierden su lustre y elasticidad y se expanden, haciéndose fácilmente transformables por acciones físicas y químicas.

Carbonatación: es el proceso de descomposición química en que los hidróxidos que se forman no pueden existir en presencia del CO_2 , ya que con esto se produce de inmediato la formación de carbonatos solubles. Asimismo, el CO_2 con el agua infiltrada en el material originario del suelo, reacciona transformando los carbonatos que no son solubles en bicarbonatos solubles, que por tanto son eliminados por el drenaje.

Procesos geobiológicos. Es la acción de los organismos vivos sobre los restos de la meteorización física y química de las rocas. En estos procesos influyen los microorganismos, las plantas y los animales.

Microorganismos: en este grupo se destacan su actividad en la descomposición de la materia orgánica, la fijación del nitrógeno atmosférico al suelo por bacterias, hongos y algas y su efecto sobre la descomposición de las rocas.

Plantas: sin duda alguna la vegetación es el factor biótico más importante y está tan asociada a los suelos que estos se pueden agrupar de acuerdo con el tipo de vegetación que presentan. La vegetación original expresa la suma de factores climáticos en los cuales crece, pero a su vez modifica los factores climáticos. La influencia de la vegetación en la formación del suelo puede verse en el aporte considerable de materia orgánica, su interacción con los factores climáticos, su efecto de resistencia a la erosión, su estrecha relación con la fauna y la actividad microbiana, la actividad de desintegración de las rocas, etcétera.

Animales: la fauna del suelo se destaca también como factor edafogénico debido a su aporte en materia orgánica, la actividad de algunas especies como la lombriz de tierra que modifica el drenaje, aireación del suelo, o la de otros que en su gestión de alimentación o al trasladarse sobre la superficie del terreno facilitan la erosión (el cerdo, el ganado vacuno y otros).

Entre los factores que intervienen en la formación del suelo se hallan: el clima, la roca, el relieve, los biológicos, el tiempo y el hombre.

Clima

La influencia del clima es notable en la formación de los suelos. Los diversos estadios del desarrollo de un suelo, es decir, desde la meteorización de la roca hasta la constitución de un suelo bien desarrollado son el resultado de la

asociación de las fuerzas climáticas con los factores. El clima determina el tipo de vegetación. En las condiciones propias de nuestro país, el factor clima realiza una función determinante en la formación del suelo, a causa de las lluvias intensas y alternantes, y las temperaturas altas que provocan la aceleración de los procesos químicos y biológicos en los suelos, lo cual trae como consecuencia el lavado de las bases y la sílice en el perfil que origina los suelos típicos.

Roca

Este es el elemento pasivo de los factores que intervienen en la formación del suelo; pero no por pasivo es menos importante, ni tiene menos peso en los resultados finales. El material original es el resultado de la meteorización de la roca madre, como consecuencia de la acción de factores activos tanto bióticos como abióticos. Determina el carácter del suelo que se forma a partir de él, ya que de la composición mineral de la roca madre, y de la forma en que se llevan a cabo los procesos de descomposición, van a depender, en gran medida, las futuras propiedades físicas y químicas de este.

Relieve

Es un factor activo y abiótico que influye directa e indirectamente. La influencia directa se verifica en el hecho de que determina el grado de erosión. La influencia indirecta, principalmente porque afecta la actuación de los factores climáticos.

Se sabe que con la pendiente aumenta la velocidad de la corriente de agua que se desliza por la superficie y por ende el arrastre que esta hace de las partículas.

La disminución de la temperatura con la altura, la desigual distribución de la radiación solar, influyen considerablemente sobre la vegetación, la fauna y la actividad microbiana, por lo que está íntimamente relacionada con el grupo de factores bióticos.

Biológicos

Al hacer un estudio del proceso de formación de suelo se comprueba que existe una pequeña rotación biológica de las materias, la cual transcurre como resultado de la actividad vital de las plantas superiores, los animales y los microorganismos.

Suelo Planta Microorganismos Suelo

Esta rotación de las materias entre el reino inorgánico y los organismos vivos, transcurre constante e ininterrumpidamente por intermedio de las plantas y los microorganismos. La nutrición de las plantas utiliza las sales inorgánicas, el dióxido de carbono y el agua en presencia de la energía solar; estas sustancias se transforman en materia orgánica (proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y otros) que sirve de alimento para los animales.

Los microorganismos descomponen la materia orgánica de los cuerpos de animales y vegetales muertos. De este modo los elementos minerales en esta rotación ilimitada de las sustancias se reintegran al suelo.

Si no se produjera este proceso, entonces todos los elementos nutrientes de mucha movilidad se mantendrían combinados con la materia orgánica y la vida tendría que cesar. Los elementos que se separan de la materia orgánica durante la mineralización se convierten en asequibles para las siguientes generaciones de plantas, que incorporan en la rotación biológica nueva cantidad de sustancias nutritivas provenientes de las rocas.

En la formación del suelo toman parte las plantas verdes superiores y los organismos inferiores (bacterias, hongos, actinomicetos, algas, etc.), los animales

invertebrados inferiores (artrópodos, moluscos, gusanos y otros) y los vertebrados superiores.

Entre los grupos de organismos nombrados anteriormente, que participan en la formación del suelo, la vegetación y, en particular las plantas verdes superiores, desempeñan un papel muy importante. Solamente las plantas superiores y algunos microorganismos autotróficos (bacterias fotosintetizadoras y algas de suelos), son las fuentes primarias de materia orgánica en el suelo. Todos los demás organismos son heterotróficos, se nutren de la materia orgánica y la transforman durante el proceso de actividad vital.

Las plantas superiores ejercen influencia en la formación del suelo, tanto durante el período de su crecimiento y desarrollo, como después de muertas cuando sus residuos aéreos y radicales caen en la superficie o en el suelo. Las plantas conjuntamente con los animales realizan activamente la transformación y locomoción de las materias y retienen la energía.

El factor biológico tiene gran importancia en la formación del suelo, es un agente motriz que condiciona toda una serie de propiedades y actividades energéticas en el suelo, que tienen influencia básica en la fertilidad y productividad del suelo formado.

Tiempo

El factor tiempo cumple una función diferente de los demás factores. Por sí solo no puede ejercer ningún efecto, pero interviene al determinar el valor o extensión de los demás factores.

Cuando se habla del tiempo en la formación del suelo, se está haciendo uso de un concepto que no coincide exactamente con el tiempo cronológico; si no se refiere al llamado tiempo edafogénico, que está dado por la intensidad con que han

actuado los distintos factores que intervienen en la formación del suelo. De esta forma, un suelo cronológicamente viejo puede ser edafogénicamente joven, y viceversa.

Hombre

Con el desarrollo de la sociedad humana, el suelo se incorporó aún más a la esfera de la actividad económica y surgieron los medios de producción. Como consecuencia de esto el suelo se sometió y se somete a profundos cambios que están condicionados al cultivo mecanizado, la fertilización, la siembra de diferentes cultivos, el riego y drenaje, la utilización de praderas y pastos, la explotación de los bosques, etc. La acción del hombre en el suelo es algunas veces positiva y otras negativa.

El suelo se empobrece y se destruye, cuando sin su mejoramiento radical, sin las preocupaciones sobre la fertilidad en el futuro este se utiliza para obtener mayores rendimientos. Como resultado grandes extensiones de suelo pierden la estructura, se lavan por el agua y se dispersan por el viento. Un riego desordenado en el terreno conduce en masa a la salinización del suelo y al desarrollo de la vegetación extraña. Durante el quemado de los bosques, se provoca el empobrecimiento de humus en los suelos, además, de sus propiedades físicas y químicas.

El hombre puede modificar la acción de los demás factores y es por eso que de la responsabilidad con que lleve a cabo su actividad y la explotación racional que haga del suelo en su gestión económica, depende el desarrollo de este.

Los distintos factores que intervienen en la formación del suelo están estrechamente relacionados entre sí y el resultado final está en correspondencia con la interacción entre ellos.

Factores climáticos	Topografía	Vegetación
Material original	Suelo	Degradación del suelo
Procesos químicos	Tiempo	

Perfil del suelo

Se llama perfil del suelo a la sección transversal de un corte desde la superficie hasta la roca subyacente y se manifiesta en una sucesión de capas, diferenciadas unas de otras.

Al hacer un corte transversal profundo en un terreno, se observa una serie de capas superpuestas, llamadas *horizontes*, que en conjunto constituyen el perfil. En los suelos vírgenes aparecen perfiles característicos, distinto cada uno de ellos, pero en los suelos bajo explotación prolongada las distintas capas se confunden y resulta más difícil hacer su caracterización.

Todos los suelos presentan tres horizontes más o menos gruesos, que para su estudio son representados por letras mayúsculas (A, B, C). La profundidad de estos horizontes depende de la edad geológica de los suelos, por lo que es muy variable este factor.

El *horizonte A* corresponde al suelo propiamente dicho; es un horizonte netamente eluvial y presenta la mayor concentración de materia orgánica, por lo que generalmente es más oscuro. En algunos suelos pueden distinguirse varias

subcapas, como la A_0 , formada por materia orgánica principalmente y vegetal muy poco descompuesto; la A_{00} , formada por materia orgánica en estado de descomposición poco avanzada (génesis húmica), aunque algunos autores no la consideran parte del perfil; el horizonte A_1 formado por humus compactado con mayor o menor mezcla con minerales; el A_2 , un horizonte de máxima lixiviación (arrastre de las aguas) y el A_3 , que es un horizonte de transición entre el A y el B.

El *horizonte B* se encuentra inmediatamente debajo del anterior y corresponde al subsuelo. Es una región iluvial, donde se acumulan los materiales provenientes de las capas superiores. Se distinguen, generalmente, dos horizontes, el B, u horizonte iluvial y el B_2 o zona de transición entre el B y el C.

Tanto el horizonte A como el B constituyen el suelo propiamente dicho. El *horizonte C* corresponde al material de origen. En este la concentración de materia orgánica es mínima o no existe, y se pueden encontrar dos horizontes: el C, donde la roca está parcialmente descompuesta y el C_2 en lo que aparece en estado original.

Esta estructura del perfil no es común a todos los suelos. Por ejemplo, las zonas mencionadas para el horizonte A solo se dan en los bosques; los horizontes A_1 y B_2 faltan con frecuencia; en los suelos bajo intenso laboreo resulta difícil distinguir los horizontes A y B; y en los climas tropicales y subtropicales los horizontes A y B alcanzan gran espesor (hasta más de 2 m de profundidad), como consecuencia de la intensidad con que influyen los distintos factores (fig. 2.1).

Fig. 2.1

Composición del suelo

Es preciso considerar el suelo como un sistema de tres fases: sólida, líquida y gaseosa, las cuales al combinarse dan lugar a los múltiples procesos que en el suelo tiene lugar.

La *fase sólida* está formada por dos grandes grupos de sustancias: materia mineral y materia orgánica (fig. 2.2).

Fig. 2.2

La *materia mineral* es el resultado del proceso de edafización de algunas rocas, principalmente feldespatos y micas, que luego de la degradación dan lugar a un producto muy complejo integrado en su mayor parte por silicatos de alúminas, hidratos y, en menor proporción, por óxidos de hierro y otros compuestos. De acuerdo con su tamaño, la componen partículas de roca, arena, limo y arcilla, que constituye así la parte esquelética del suelo y aportan al mismo la mayor parte de las propiedades físicas. Las sustancias que conforman este complejo interactúan constantemente, lo que garantiza que los macro y microelementos pasen a formas químicas asimilables por las plantas, por lo que esta interacción contribuye de manera importante a la fertilidad de los suelos.

La *materia orgánica* se ha formado como resultado de la actividad fotosintética de las plantas, a partir de elementos extraídos en forma inorgánica del suelo. Posteriormente puede fluir a través de los distintos niveles tróficos de la cadena alimenticia y llegar al suelo a partir de los animales, pero su origen es el mismo. Si estos compuestos se acumulan en el suelo en forma orgánica y no se degradan, los elementos irán pasando progresivamente a ser constituyentes orgánicos y la fertilidad de los suelos se vería seriamente afectada, pues dependería exclusivamente de lo que pudiera aportar el complejo arcilloso.

Esto no sucede así, ya que el comportamiento de los nutrientes es cíclico; la materia orgánica acumulada en el suelo bajo la influencia de los microorganismos se degrada y parte de ella pasa de nuevo a la forma inorgánica, a la forma asimilable para las plantas, y ayuda en gran medida al complejo arcilloso a mantener la fertilidad del suelo. Sin embargo, no toda la materia orgánica pasa de nuevo a la forma mineral. Parte de ella (los compuestos más resistentes al ataque microbiano) permanece en la forma inicial

aunque alcanza, un grado máximo de transformación, de fraccionamiento, etc., para formar lo que se conoce con el nombre de *humus*. Este es de gran importancia, pues influye marcadamente en la coloración de los suelos, mejora la cohesión y plasticidad, la capacidad de adsorción catiónica, puede retener gran cantidad de agua y garantiza la continuidad de la actividad microbiana.

Materia orgánica	Grupo no resistente	Grupo no húmico (materia inorgánica)	Compuestos nitrogenados, carbonados, sulfurados, fosforados, iones
	Grupo resistente	Grupo húmico	Ácidos, humolignina, huminas, etc. (materia orgánica)

La *fase líquida* en el suelo está compuesta fundamentalmente por agua, esta sustancia debe aparecer almacenada en grandes cantidades para poder satisfacer las necesidades de evapotranspiración en el desarrollo de las plantas que lo necesiten. Por otra parte, el agua actúa como disolvente y conjuntamente con los nutrientes disueltos constituye la solución del suelo, componente de vital importancia para la vida en el mismo. Además, el agua controla dos componentes importantes para el crecimiento normal de los vegetales, como son la humedad y la temperatura.

Desde el punto de vista práctico, nos interesa estudiar los tipos de agua en el suelo de acuerdo con la fuerza con que es retenida por las partículas de este.

Agua de constitución. Se refiere al agua que es constituyente de las moléculas de arcillas, micas, etc., y que solo es liberada a presiones muy superiores a la de la atmósfera, por lo que no podrá ser asimilable por las plantas, por que esta clase de agua tiene un lazo de unión fuerte con los elementos minerales, desde el punto de vista de regadío y asimilación por las raíces, puede considerarse como si no existiera.

Agua higroscópica. La humedad del aire es absorbida por las partículas del suelo o su superficie por retención catiónica y no está dentro de las posibilidades de absorción por las plantas, porque está en forma de vapor. Esta agua es escasa o de ninguna importancia para las cosechas, por su unión tan íntima con las partículas del suelo, por lo que carece de movimiento, ocupando espacio y formando parte de la materia orgánica y de la materia coloidal. Es agua no aprovechable.

Agua capilar. Es el agua retenida en los espacios capilares del suelo, es poco retenida por las partículas, ella permanece en el suelo por efecto capilar, quedando retenida en forma de películas que rodean las partículas individuales y en los poros capilares, y es la que forma la llamada solución de suelo, de la que obtienen las plantas los elementos nutritivos, es de fácil absorción por las raíces de las plantas. Es la más importante desde el punto de vista biológico. Es agua aprovechable.

Agua gravitacional. Es el agua que no puede ser retenida por las partículas del suelo, y que se escurre por acción de la gravedad. Es un agua superflua que carece de valor biológico, es decir, es básicamente no aprovechable por las plantas, arrastra consigo los nutrientes y además erosiona el suelo (fig. 2.3). Esta forma de agua es la de mayor movimiento, la más dinámica, y es la que se elimina del suelo con mayor rapidez, y aunque a veces permanece algún tiempo, casi siempre su retención por el suelo es de corta duración y, durante el tiempo en que está en este, las plantas pueden absorberla siempre que exista la suficiente aireación para que las raíces puedan rendir su función fisiológica.

Fig. 2.3

Cuando un suelo anegado pierde la totalidad del agua gravitacional, y quedan la capilar, la higroscópica y la de constitución, se dice que está en su capacidad de campo. En este estado deben realizarse todas las labores agrícolas (aradura, control de la vegetación extraña, fertilización, etc.), pues es cuando mejores condiciones presenta el suelo.

Cuando ha perdido también el agua higroscópica, como las formas restantes no son asimilables por las plantas, se dice que ha llegado al punto de marchitez permanente, en que las plantas comienzan a sufrir por falta de agua. A este punto no puede dejarse un suelo cultivado, pues se afectan considerablemente los rendimientos; antes se impone la labor de riego.

La fase gaseosa (aire) conjuntamente con la líquida ocupa los espacios porosos del suelo y debe existir en una proporción tal que pueda ser aprovechable para el crecimiento de las raíces de las plantas, y para los procesos metabólicos esenciales en los microorganismos.

La cantidad de aire en el suelo varía con la humedad debido a que el agua lo desplaza de los poros. A su vez el intercambio de gases con la atmósfera debe ser suficientemente rápido para mantener la concentración en el suelo a niveles deseables. Por su parte, cualitativamente el contenido de gases en el suelo es afectado por dos procesos: la respiración de las raíces y la descomposición aerobia de los residuos orgánicos por los microorganismos, lo cual contribuye a aumentar la concentración de CO_2 en detrimento del O_2 . Además del O_2 y el CO_2 , existe en el aire del suelo otro elemento de vital importancia, el nitrógeno (N), que los microorganismos fijan al suelo.

En general la aireación del suelo tiene una marcada influencia sobre la flora microbiana (población de microorganismos, oxidación que estos hacen de la materia orgánica, etc.)

y sobre las plantas superiores (crecimiento de las raíces, absorción de nutrientes y de agua, formación de compuestos tóxicos inorgánicos), etcétera.

Descomposición de la materia orgánica en el suelo

Como se expresó anteriormente, la materia orgánica puede ser de origen animal y vegetal, pero independientemente de su origen los compuestos orgánicos que llegan al suelo son generalmente celulosas, hemicelulosas, proteínas simples, materias conjugadas, azúcares, aminoácidos, ligninas, etc. Durante su descomposición la materia orgánica pasa por tres fases:

Fase inicial. En ella se alteran los componentes de fácil descomposición (celulosa, hemicelulosa, almidones, azúcares, proteínas, etc.), mientras que los compuestos de difícil descomposición (ligninas, fenoles, polifenoles, grasas, ceras y resinas) no se alteran.

Fase intermedia. En ella comienzan a sufrir transformaciones los productos de difícil descomposición.

Fase final. Está caracterizada por la formación de compuestos húmicos, que se forman por polimerización y policondensación de los compuestos formados en fases anteriores.

La materia orgánica se clasifica en dos grandes grupos: el primero, formado por los residuos vegetales y animales no descompuestos y el segundo, constituido por el humus (fig. 2.4), que a su vez está compuesto por tres tipos de sustancias: el ácido húmico, el fúlvico y las huminas.

Fig. 2.4

El *ácido húmico* es el que da color al suelo. mejora la estructura, el contenido de humedad, el drenaje, absorbe elementos fitotóxicos, facilita la actividad microbiana, etcétera.

El *ácido fúlvico* le da un color amarillo al suelo y en exceso es fitotóxico a las plantas. Es un ácido muy fuerte, capaz de movilizar al hierro y al aluminio y tiene un gran valor en la formación del suelo.

Las *huminas* son sustancias poco estudiadas, pero generalmente se presentan en los suelos viejos en un porcentaje alto.

Los tres componentes del humus en interacción son importantes porque:

1. Mejora la cohesión y plasticidad del suelo. Es muy poco cohesivo y plástico, por lo que se puede utilizar como correctivo de terrenos pesados.
2. Mejora la capacidad de absorción catiónica de los suelos.
3. Mejora la estructura del suelo. Está constituido por partículas muy pequeñas que al mezclarse con las partículas mayores del suelo las une, contribuyendo a alcanzar la estructura óptima.
4. Propicia una mejor aireación y drenaje, al alcanzar esta estructura óptima.
5. Favorece los procesos oxidativos del suelo.
6. Permite la acumulación biótica en las capas superiores del suelo al mejorar la capacidad de cambio de esas capas y, por tanto, la tensión de elementos en ellas.
7. Algunas de las sustancias húmicas corre en los minerales primarios y secundarios, destruyendo su red cristalográfica, con lo que se acelera el paso de estos minerales a las formas asimilables para las plantas.
8. Retarda o limita la cristalización de los óxidos de hierro, manteniéndolos en estado amorfo, estado este más reactivo que el cristalino.
9. Existe una relación directa entre el contenido de humus y la fertilidad del suelo. Actúan como almacén de elementos necesarios para las plantas, con lo que se evita la translocación de estos elementos hacia las capas inferiores.
10. El humus puede descomponerse y liberar amonio, el que a su vez puede ser una fuente de nitrógeno para las plantas.

11. Una parte importante del fósforo orgánico del suelo se encuentra unida a las macromoléculas húmicas, donde es atacado por los microorganismos y transformado en la forma asimilable para la planta.
12. Facilita la respiración de las raíces. En ocasiones aporta sustancias a la planta que actúan como catalizadores de la respiración celular.
13. Estimula la formación de raíces y el aumento de la actividad enzimática en las plantas.

Propiedades del suelo

Los suelos contienen partículas inicialmente derivadas de la fragmentación y descomposición de las rocas primarias que le dieron origen, Están constituidos por una red de canales llenos de aire y de agua encuadrados por superficies sólidas, y sus propiedades fundamentales dependen de la geometría de esta red, de las propiedades de las superficies que la enmarcan y de los mecanismos que suministran elementos nutritivos a las plantas. De acuerdo con lo anteriormente planteado, para su estudio las propiedades del suelo se dividen en tres grandes grupos: físicas, químicas y biológicas.

Principales propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas, que se van a considerar son: textura, estructura, consistencia, porosidad, permeabilidad y color. En el suelo existen distintos grupos de partículas que son llamadas *fracciones del suelo* (arena, limo y arcilla) y son las que caracterizan de modo general las distintas propiedades físicas de los suelos. Cada una de estas fracciones presenta características que las diferencian una de otras.

Arena. Es la fracción del suelo más gruesa; su tamaño es de 0,02 a 0,2 mm aproximadamente. Son partículas minerales cristalinas derivadas de las rocas primarias (ígneas) y de fragmentos de otras rocas. Las principales sustancias que

la forman son: sílice cristalina, y fragmentos de láminas de mica y de otros minerales. Se caracteriza por poseer escasa cohesión, la plasticidad casi nula, poca capacidad de retención de agua o nutrientes, fácil infiltración del agua y del aire y espacios porosos grandes. La fracción de arena se subdivide en cinco grupos: muy gruesa, gruesa, mediana, fina y muy fina. Por todo lo anterior, los suelos arenosos suelen ser físicamente abiertos, con buen drenaje que tiende a ser excesivo, con muy buena aireación y soltura.

Limo. Es una fracción con un tamaño comprendido entre las arenas finas y la arcilla, que oscila entre 0,002 y 0,02 mm aproximadamente. Está compuesto por minerales primarios, cuarzo y feldespatos. Se caracteriza por tener una mayor actividad química que la arena, debido a que sus partículas presentan mayor superficie específica. Posee mayor plasticidad y cohesión que las arenas, pero menor que las arcillas; el movimiento del agua y el aire dentro del suelo resulta mucho menos intenso que en la arcilla, y posee una alta capacidad de retención del agua.

Arcilla. Es la fracción mineral del suelo más significativa en lo que a sus características se refiere. Su tamaño se halla por debajo de los 0,002 mm . Esta fracción se forma como consecuencia de las sustancias resultantes de la descomposición química de la roca sólida, sin embargo, no guarda ninguna semejanza con la composición de la roca de donde procede. Se debe esto al grado de división a que ha llegado, lo que hace que sean sus partículas minerales las de menor tamaño que pueden existir en el suelo.

Las arcillas poseen en grado máximo las propiedades de cohesión, plasticidad y retención de la humedad. Absorben gran cantidad de agua, lo que hace que se expandan o se contraigan como resultado de la humedad. Por encontrarse tan divididas, poseen propiedades electroquímicas que les permite retener, adheridos a ellas, los elementos disueltos en forma iónica en la solución del suelo y, a su

vez, intercambian constantemente estos elementos con los de la solución del suelo.

Estas partículas simples se unen entre sí formando partículas compuestas que forman los agregados de diversos tamaños y formas. Esto es consecuencia de su grado de división.

Textura

Es la proporción en que participan en la composición del suelo, cada una de las fracciones minerales. Ningún suelo está compuesto por una sola fracción mineral, siempre componen un suelo dos o más de las partículas mencionadas. De acuerdo con esto, se han establecido diferentes tipos de suelos atendiendo a la textura (esta clasificación varía en los diferentes libros, se adoptará un criterio que no es el único). Se tiene en cuenta asimismo la partícula que predomina en el suelo.

Los suelos se clasifican según la textura en: arenosos, arcillosos y loamosos.

Arenosos. Estos suelos son sueltos y de grano fino, los granos de arena son visibles y se sienten al tacto, aunque sean extremadamente finos. En ellos la fracción arena representa un 70 % o más del peso total de la muestra de suelo y las fracciones arcilla y limo conjuntamente, forman un porcentaje muy pequeño. Al comprimir entre los dedos índice y pulgar un puñado de suelo arenoso, se desmenuza. Son suelos ligeros, calientes, de drenaje bueno o excesivo, de pobre condición para retener la humedad y los fertilizantes disueltos en ellos. Son de fertilidad natural baja o muy baja; de plasticidad casi nula y escasa cohesión. La arena loamosa es una de las variedades de este suelo.

Arcillosos. Son de textura fina y al ararse se rompen en fragmentos y terrones, que son muy duros si están secos y perfectamente plásticos y pegajosos si están mojados. En ellos la fracción arcillosa representa un 33 % o más, del peso total

de la muestra de suelo. Al comprimir entre los dedos índice y pulgar un puñado de suelo arcilloso se forma una cinta larga y flexible, pudiendo ser amasada con las palmas de las manos y los dedos formando un cuerpo redondeado. Son suelos que se caracterizan por su adherencia y adhesividad, su plasticidad, su contracción y dilatación, lo que hace que se agrieten. Tienen elevada capacidad de retención de agua y nutrientes. La arcilla limosa es una de las variedades de estos suelos.

Loamosos. Son suelos ricos en materia orgánica y poseen muy buenas cualidades para su laboreo. El suelo loamoso es resultado de una mezcla de arena, limo y arcilla, presentando por igual las buenas cualidades de cada una de estas fracciones y sin ninguno de sus inconvenientes. Un loam contiene: arena de 25 a 50 %, aproximadamente, limo de 30 a 50 % y arcilla de 5 a 25 %.

Debido a la proporción en que se hallan mezcladas partículas gruesas, medianas y finas, son suelos ni demasiado sueltos, ni de baja capacidad de retención de agua, ni compactos, ni pegajosos. El aire y el agua pueden penetrarlos con relativa facilidad. Es la textura ideal para las labores agrícolas. Se pueden encontrar variedades de este tipo de suelo, si predomina un tamaño dado de partículas, por ejemplo, si es la arena el suelo será loam arenoso; si es la arcilla; loam arcilloso.

La textura del suelo puede determinarse utilizando el triángulo textural del suelo, si se conoce de antemano las características del suelo, en lo que a su composición se refiere y las proporciones en que se encuentran las distintas fracciones (fig. 2.5).

Fig. 2.5

Para determinar la clase textural utilizando el triángulo, se busca en el lado correspondiente a cada partícula el punto donde está el porcentaje obtenido, y mediante trazos se halla el punto donde concurren las tres líneas. Por ejemplo: Si

conocemos que el suelo que estamos analizando contiene, 40 % de arena y 20 % de arcilla. Lógicamente, el contenido de limo será la diferencia de 100 %, o sea, 40 %.

En el lado correspondiente a la arena (fig. 2.6) buscamos el punto que representa 40 % y a partir de este punto trazamos una línea paralela al lado del triángulo que corresponde con el limo. De igual forma localizamos el punto que representa 20 % en el lado de la arcilla y trazamos una recta a partir de ese punto, paralela al lado de la arena. Las dos líneas se cortan dentro del triángulo en la zona denominada loam.

La otra partícula, el limo, no es necesario, pero si lo hacemos, veremos que coincidirá con el punto anteriormente encontrado. Para ello, buscamos en el limo el punto representado por 40 % y trazamos una paralela al lado de la arcilla y, en efecto, veremos que coincide. Es importante precisar a qué lado del triángulo debe ir la línea paralela:

- La recta de la arcilla debe ir paralela a la de la arena.
- La recta de la arena debe ir paralela a la del limo.
- La recta del limo debe ir paralela a la de la arcilla.

El punto donde coinciden señala la clase textural del suelo. En el ejemplo explicado, la clase textural del suelo es *loam*.

Fig. 2.6

Estructura

Es la forma en que se unen las distintas partículas de un suelo, constituyendo agrupaciones mayores (los agregados) y también la disposición natural de estas partículas en el perfil de un suelo.

Los agregados se diferencian en su forma, tamaño y estabilidad, dependiendo del grado de adhesión entre ellos; por lo que encontramos: terrones, terroncillos,

gránulos y fragmentos finos o gruesos. De los agregados del suelo, el más importante desde el punto de vista de las relaciones con las plantas es el gránulo.

El *gránulo* es un elemento estructurado por partículas simples que integran un conjunto más o menos esferoidal, poroso y de estabilidad variable. Constituye una pequeña masa de partículas minerales, porosas y entremezcladas con humus; imparte al suelo porosidad, la cual es mayor cuanto más humus contenga.

La estructura es el resultado de la atracción recíproca y la adherencia entre las partículas del suelo, con la formación de los agregados primeros, los que después se agrupan para formar agregados mayores o macroagregados que tienen forma, tamaño y estabilidad variables. Desempeñan un papel fundamental en la formación de la estructura el humus y la arcilla por su capacidad aglutinante.

Diversos tipos de estructura están presentes en los suelos; entre ellas se deben destacar cuatro por ser las más generales: laminar, prismática, cúbica y granular.

Laminar. Los agregados están dispuestos en forma de planos finos o láminas superpuestas como las hojas de un libro, apareciendo en forma de terrones aplanados con dimensiones horizontales mayores que las verticales. Esta estructura es típica en el horizonte A de suelos vírgenes y húmedos. Algunos la denominan platiforme o en forma de plato.

Prismática. Los agregados están dispuestos en forma vertical y son más largos que anchos. Estas unidades suman bloques de longitud variable con tamaños hasta de 15 cm . Si estos bloques aparecen redondeados en su cara superior, se les da el nombre de estructura columnar, considerada esta por algunos, otro tipo de estructura, pero que es una variante de la prismática. Es característica del horizonte B de suelos densos de zonas semiáridas.

Cúbica. Los agregados presentan forma de dados con los ejes horizontales y verticales más o menos de igual longitud. Son irregulares y forman ángulos agudos con caras lisas o rugosas.

A esta estructura también se le dan los nombres de terrenosa, cuboide, poliédrica, en forma de bloque y de bloques cúbicos. Existe una variedad de este tipo de estructura que es la nuciforme y se denomina así cuando los agregados presentan esas características pero son de menor tamaño que la estructura cúbica clásica. Es frecuente en el horizonte B de muchas clases de suelos.

Granular. Los agregados son más o menos redondeados y porosos; reciben el nombre de gránulos. Sus tamaños oscilan de 1 mm a 1 cm . A esta estructura también se le denomina esferoidal por la forma esférica que adoptan los agregados. Si los gránulos son muy porosos y blandos se les llama terroncillos o migajas. Un suelo bien granulado, posee la mejor estructura para la mayoría de las plantas que se cosechan. Esta estructura es propia de suelos con un alto contenido de materia orgánica y se le considera la más apropiada en relación con la vida y el desarrollo de las plantas, ya que ofrece las mejores condiciones de aireación, drenaje y retención de humedad, así como una gran facilidad mecánica, por su soltura, para el desarrollo de las raíces (fig. 2.7).

Fig. 2.7

La estructura granular es la que ofrece mejores condiciones para el desarrollo de las raíces y de la planta en general, y es la estructura ideal que el hombre trata de obtener en los suelos al aporcarlos (fig. 2.8).

Fig. 2.4 del L.T. Fig. 2.8

Consistencia

Es la resistencia que ofrece el suelo a la deformación o ruptura de sus agregados, lo que depende de la relativa atracción recíproca de las partículas en el conjunto de

su masa. La consistencia se debe a las fuerzas cohesivas y de adherencia que actúan sobre la masa del suelo, y que a su vez están muy relacionadas con los distintos grados de humedad contenidos en dicho suelo. La consistencia puede variar considerablemente con el contenido de humedad de un mismo suelo; de ahí que haya que mencionar el estado de humedad al expresarla. De acuerdo con esto, encontramos distintas formas de consistencia, que son: suelta, firme, friable y plástica.

Suelta. No cambia por el estado de humedad; el suelo se desmenuza con facilidad. Las partículas se comportan como independientes y con una cohesión muy débil. Es característica de los suelos arenosos y loam arenosos.

Firme. Se presenta en ausencia de humedad, es decir, en estado seco, cuando el material del suelo es muy coherente, debido a que las partículas se cementan. Requiere gran presión para desintegrarse. También se le denomina consistencia dura o compacta. Es característica de los suelos arcillosos en ausencia de humedad.

Friable. El suelo puede desintegrarse fácilmente con poca presión entre el pulgar y el índice, con tendencia a unirse cuando se comprime. Se considera esta consistencia la óptima para la labranza. Es característica de los suelos limosos.

Plástica. El suelo adquiere una cohesión entre las partículas que permite moldearlo, manteniendo la forma adquirida aun después de removido el exceso de humedad.

Porosidad

El volumen total de espacios o huecos y canales que existen dentro del cuerpo del suelo, son los llamados poros. Los que de acuerdo con su tamaño se denominan: microporos y macroporos. Los poros son los intersticios o huecos que dejan libres

las partículas simples y compuestas al aglomerarse para formar terrones; estos están ocupados por aire y agua en diversas proporciones.

Los espacios de los poros y las canales que se encuentran en el suelo, no pueden ser considerados como una red de tubos capilares rectos y uniformes, debido a que las partículas en el suelo se disponen de manera irregular y al aglomerarse se ponen en contacto, pero también quedan separadas en parte formando los poros. Estos espacios forman un sistema intercomunicado que comprende toda la masa del suelo, lo que permite la entrada del aire y la penetración del agua, en dependencia del diámetro de los poros y las canales.

Se han establecido dos tipos de porosidad:

1. Cuando los poros se establecen dentro de los agregados estructurales.
2. Cuando los poros se sitúan entre los agregados estructurales.

En el primer caso la porosidad puede ser:

Porosa fina. La masa del suelo, se presenta como perforada por poros finos de un diámetro menor que 1 mm .

Porosa. La masa del suelo, está perforada por poros de un diámetro que oscila de 1 a 3 mm .

Esponjosa. La masa del suelo, presenta abundancia de poros con un diámetro de 3 a 5 mm .

Cavernosa. La masa del suelo, presenta agujeros de 5 a 10 mm de diámetro.

Alveolar o celular. La masa del suelo, presenta cavidades mayores que 10 mm .

Tubular. La masa del suelo, presenta huecos en forma de canales, hechos por lombrices y otros animales.

En el segundo caso la porosidad puede ser:

Grietas finas. Son cavidades muy estrechas por debajo de los 3 mm de diámetro, que se extienden, por lo general, en dirección vertical. Es propia de estructuras muy finas.

Agrietados. El agregado presenta grietas muy finas de 3 a 10 mm de diámetro. Es propia de estructuras prismáticas.

Grietas gruesas. Son cavidades verticales mayores que 10 mm de diámetro. Es propia de estructura columnar.

La porosidad puede variar en los diferentes horizontes en dependencia de la textura y la estructura del suelo. Cuando un suelo no es húmedo, los poros se encontrarán llenos de aire.

Permeabilidad

Es la propiedad que tienen los suelos de permitir el paso del agua que llega a estos en exceso. La cantidad de agua está determinada por la porosidad del suelo y, sobre todo, por la cantidad de macroporos presentes; por lo tanto, influyen decisivamente la textura y la estructura. La permeabilidad es particular para cada horizonte. Los horizontes menos permeables son comúnmente los que están más profundos. Esta propiedad influye sobre la vida de los microorganismos y las cosechas.

Los suelos arcillosos presentan, generalmente, mala o poca permeabilidad; los arenosos, por el contrario, son muy permeables, lo que resulta muy perjudicial,

por que retienen muy poca agua para las plantas; además de arrastrar mediante el lavado los elementos nutritivos hacia zonas más profundas donde las plantas no pueden asimilarlos.

La permeabilidad de los suelos loamosos, es conveniente, pues presenta un valor medio entre los suelos arcillosos y los arenosos.

Color

Son los diferentes matices que puede tomar un suelo de acuerdo con su composición. El color de un suelo, con sus cambios en los diferentes horizontes, es la característica más fácil de apreciar y es de gran significación, para la descripción e identificación de los perfiles.

El color por lo general, indica algunas de sus propiedades, como son drenaje, presencia de materia orgánica, presencia de minerales específicos, si el suelo retiene la humedad, etcétera.

En el color de los suelos influyen, fundamentalmente, dos factores: el contenido de humus y la naturaleza química de los compuestos de hierro presentes. El humus, con su color marrón oscuro, casi negro, recubre las partículas minerales y da al suelo ese color oscuro característico; el hierro se presenta en el suelo de dos formas: como componente de materiales que no han sido transformados, y en forma de óxidos. Es en esta última forma como ejerce su influencia sobre el color, y se presenta de la forma siguiente: óxido de hierro, óxido de hierro II y óxido de hierro III (hidratado).

En el suelo están presentes numerosos minerales que transmiten colores claros y blancos como el cuarzo, el carbonato de calcio, el yeso, el caolín y otros. Cada uno de los colores que presentan los suelos, se debe a diversas características

originadas en el proceso de su formación, y a la vez nos brindan información importante desde el punto de vista agrícola.

Color rojo. Se debe a los compuestos de hierro y específicamente al óxido férrico (hematita). También contribuyen parcialmente el dióxido de manganeso y óxidos de hierro hidratados. Este color es índice de buen drenaje y aireación.

Color amarillo. Se debe a los óxidos de hierro hidratados (limonita) con presencia de arena casi blanca. Este color, es índice de buena retención de humedad y presencia de pequeñas cantidades de materia orgánica.

Color gris. Se debe a varias sustancias como el cuarzo, el caolín, minerales arcillosos como carbonato de calcio y magnesio, yeso, varias sales y compuestos ferrosos como el óxido ferroso. Este color indica bajo contenido en materia orgánica y en compuestos férricos.

Color blanco. Se debe a un contenido muy alto de carbonato de calcio, yeso u otras sales. Este color también indica bajo contenido de materia orgánica y compuestos férricos.

Color pardo. Es un color intermedio entre el blanco y el negro, con una tonalidad rojo amarillento. Indica una productividad media entre los suelos de colores claros y los oscuros.

Color negro. Se debe a un alto contenido de humus, como resultado de la descomposición de la materia orgánica debido a la actividad bacteriana. Este color indica presencia de materia orgánica que se encontrará en mayores o menores cantidades, lo que determinará que el color sea más o menos oscuro.

Importancia de las propiedades físicas del suelo para la vida de las plantas

Las propiedades físicas tienen un papel importante en el desarrollo de las plantas cultivadas; por ello el hombre trabaja para que el suelo se halle en condiciones de aportar a las plantas todas las propiedades físicas que determinarán el crecimiento y desarrollo óptimo de cada cultivo.

Cada planta cultivada exige para su óptimo crecimiento condiciones muy específicas en el suelo; se puede resumir que las características más eficaces para el desarrollo de un cultivo en lo que a propiedades físicas se refiere, son las siguientes:

1. Presencia de un tipo de suelo con textura loamosa, por ser esta en la que se encuentran mezcladas en óptimas proporciones las tres fracciones minerales: arena, limo y arcilla.
2. Presencia de una estructura granular, ya que este tipo presenta los agregados de menor tamaño, lo que permite el desarrollo de las raíces y de la planta en general de la mejor forma.
3. Presencia de una consistencia friable, pues esta mantiene la humedad óptima en el suelo, debido a que las partículas se cohesionan de modo favorable para las plantas.
4. Presencia de una porosidad fina, con grietas finas que permiten la entrada del aire y la retención del agua de forma óptima, a la vez que un drenaje eficiente y garantizando el movimiento del agua por capilaridad.
5. Presencia de un color oscuro, ya que este evidencia la existencia de materia orgánica y óxidos de hierro en cantidades suficientes para permitir la vida de la planta.

También el color oscuro nos indica presencia de humus, el cual además de influir en el color lo hace en la textura, la estructura, la capacidad de retención de humedad, la aireación, la permeabilidad y el drenaje, todo lo cual crea las condiciones apropiadas para el desarrollo de las plantas cultivadas.

Principales propiedades químicas del suelo

Dentro de las propiedades químicas del suelo se consideran los coloides y la reacción del suelo, ambas influyen en el buen desarrollo de los cultivos.

Coloide

Término que proviene del griego y significa "semejante a la cola". Es un material que en suspensión en el agua no atraviesa ciertas membranas, pero que puede permanecer durante cierto tiempo en estado de suspensión. La dimensión de sus partículas varía de 0,001 a 0,1 mm . En el suelo se encuentran dos tipos de coloides: minerales y orgánicos.

Los coloides *minerales* están formados por partículas de arcilla y los *orgánicos* por partículas procedentes de la descomposición de la materia: humus.

Los dos tipos diferentes de materia coloidal, la mineral y la orgánica, forman una mezcla íntima y heterogénea. Ambas son importantes en el desarrollo de la planta. La materia orgánica tiene gran importancia ya que unida a la acción de la arcilla, se realiza el intercambio iónico y la capacidad de intercambio de base.

Aunque el coloide que compone la arcilla tiene importancia porque mejora las condiciones del suelo, es el humus el que tiene mayor influencia y acción por su propiedad de variar las cualidades de cohesión que presenta el suelo.

El humus influye en el intercambio iónico y en la solubilidad de los minerales; aumenta las propiedades amortiguadoras que limitan la intensidad de los cambios en la acidez o alcalinidad; determina la fijación, traslado o liberación de elementos importantes para la vida de las plantas, tales como: carbono, nitrógeno, calcio, hierro, fósforo y otros. Además, libera energía cuando se descompone por la acción de los microorganismos.

En la tabla 2.1 se aprecian las diferencias entre los dos tipos de coloides, lo cual deja ver la necesidad de la presencia de ambos en el suelo para el desarrollo armonioso de las plantas.

Tabla 2.1

Diferencias entre los complejos coloidales del suelo

	Arcilloso	Húmico
Color	Claro	Oscuro
Cohesión	Alta	Baja
Plasticidad	Alta	Baja
Capacidad de absorción	10 a 100	150 a 300
Composición	Si, O, Fe y Al	C, H, O, N, S y P
Forma	Cristalina	Amorfa
Estabilidad	Alta	Baja
Actividad sobre el agua	Poca	Grande
Acción de los microorganismos	Ninguna	Intensa

Las características que no se hallan presentes en un complejo coloidal están en otro, por lo que se integran completamente para aportar al vegetal todo lo necesario para vivir.

La reacción del suelo

Las rocas, al transformarse en suelos conservan en muchos casos algunas de sus propiedades originales: si tenían carácter ácido, el suelo presentará este carácter. Por ello, de la reacción del suelo depende la asimilación de muchos elementos químicos que la planta necesita para su nutrición y también para la existencia de otros que le resultan tóxicos.

De acuerdo con esto, es necesario conocer cómo reacciona el suelo. La reacción está dada por la acidez o alcalinidad de este: el pH, que es un método sintético para expresar de una manera sencilla y con gran exactitud el grado de acidez o basicidad de una solución cualquiera.

El suelo está formado por un conjunto de sustancias, las que, en parte, se encuentran disueltas en el agua constituyendo la solución del suelo, estas le dan al mismo características ácidas, alcalinas o neutras. El pH de la solución del suelo se expresa por el valor que este tome en la escala siguiente (fig. 2.9).

Fig. 2.5 del LT

Fig. 2.9

Una solución del suelo será ácida, cuando predominan las sustancias ácidas y tiene un pH menor que 7; neutra si hay un equilibrio entre las sustancias ácidas y las básicas y el pH será 7; y alcalina si predominan las sustancias básicas (OH^+), y el pH será mayor que 7.

La acidez disminuye a medida que avanzamos en la escala de 0 a 7, y la alcalinidad va aumentando, a medida que se avanza en la escala de 7 a 14.

La reacción del suelo influye en la disponibilidad de los nutrientes y en la distribución de los organismos que de diversas formas participan en la descomposición de la materia orgánica (fig. 2.10). Esto explica por qué es necesaria la presencia de un pH determinado en los diferentes cultivos, ya que esto propicia la disponibilidad que tenga la planta de determinados nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo, ya sean minerales o como resultado de la descomposición de la materia orgánica.

Para el hombre resulta ventajosa la presencia de un suelo de pH 7, ya que puede con mayor facilidad llevarlo a un rango u otro atendiendo al cultivo que vaya a explotar en ese suelo.

Fig. 2.10

Fig. 2.6 del LT

Como se ha demostrado, las propiedades químicas determinan un proceso fundamental en el desarrollo de las plantas: la toma y asimilación de los nutrientes del suelo. Las partículas coloidales garantizan la asimilación de las sustancias, debido a su pequeño tamaño y porque aglutinan en ellas todos los nutrientes que la planta debe tomar para su desarrollo.

El material coloidal, tanto mineral como orgánico, permite una adecuada conservación de reservas de elementos nutritivos y de agua, que pueden pasar de forma asimilable a las plantas. Además, resulta de gran importancia la reacción del suelo para lograr buenos rendimientos en las cosechas, ya que todos los suelos no reaccionan de la misma forma y porque la planta también responde ante la reacción del suelo, y asimismo porque en este hallamos diversos organismos que realizan una importantísima actividad en la descomposición de la materia orgánica relacionada con la transformación y uso de las sustancias nutritivas del suelo por las plantas a través de sus raíces, además de que dichos microorganismos también son sensibles a la reacción del suelo.

De cada reacción depende la disponibilidad que tiene la planta de los diferentes elementos que encontramos en el suelo, ya que estos se hallan en mayores o menores cantidades de acuerdo con esta reacción.

Principales propiedades biológicas del suelo

El suelo, además de las propiedades físicas y químicas estudiadas, presenta propiedades biológicas que están dadas por la interacción de los microorganismos, los vegetales y los animales con los procesos físicos y químicos a que ya hemos hecho referencia.

En el suelo viven innumerables organismos macroscópicos y microscópicos, que comprenden desde los grandes roedores hasta los hongos y bacterias. El conjunto de todos estos organismos vivos presupone un extraordinario y complejo proceso de actividades mecánicas y biológicas que determinan el carácter productivo de los suelos. Estos organismos vivos provocan dos efectos directos sobre las partículas minerales del suelo:

1. Desprenden CO_2 , que reacciona con las bases y al actuar como centros de extracción intensa de bases, causan más fácilmente la alteración de los residuos minerales.
2. Excretan ácidos capaces de llevar a la solución compuestos que son relativamente estables frente al CO_2 . Pueden producir ácidos orgánicos como el oxálico, tartárico y cítrico, que reaccionan con los hidróxidos de hierro y aluminio con relativa facilidad.

Existen organismos pertenecientes a los distintos reinos estudiados desde el punto de vista sistemático, y atendiendo a esto vamos a estudiar brevemente la influencia de estos organismos en el suelo.

Organismos que viven en el suelo

Reino a que pertenecen

Ejemplos de organismos

Móneras	Bacterias, algas cianofíceas
Protistas	Diatomeas
Fungi	Hongos
Plantas	Algas microscópicas y plantas
Animales	Roedores, insectos, milípedos, caracoles, babosas, lombrices, topos, ácaros, ciempiés, arañas, nematodos, etcétera.

Los más importantes son las algas, las bacterias, los hongos, los nematodos y los protozoos.

Las *bacterias*, generalmente exceden en número a todos los otros organismos y especies en los suelos cultivados, hasta llegar a cientos de millones por gramo de suelo. Hay bacterias humificadoras, nitrificadoras, oxidantes del azufre y el hierro, fijadoras de nitrógeno y desnitrificadoras. Algunas viven en los nódulos de las raíces de las leguminosas y otras tienen una vida independiente, como las llamadas *Azotobacter*, que fijan nitrógeno atmosférico.

Las *algas* constituyen un grupo muy extenso e importante de organismos en el suelo. Su desarrollo en el terreno, aumenta la provisión de materia orgánica y la transformación temporal de las formas solubles de nitrógeno y minerales en formas orgánicas o insolubles, impidiendo las pérdidas por infiltración de los principios nutritivos solubles. Las algas ayudan en la descomposición del material orgánico y ejercen una acción disolvente sobre rocas y minerales insolubles,

pueden contribuir a la aireación de los terrenos cenagosos y desprenden oxígeno cuando descomponen el CO₂ disuelto en el agua.

Los *hongos* varían grandemente en estructura y tamaño desde las levaduras y los más sencillos hasta las clases más complejas. Estos organismos tienen una gran importancia en la formación del humus, en algunos casos lo son más que las bacterias. Algunos hongos viven en simbiosis con las plantas superiores, principalmente con árboles forestales, formando en las raíces las llamadas micorrizas. Se debe destacar que la fertilidad del suelo depende en gran parte de los hongos, ya que ellos son capaces de continuar los procesos de descomposición cuando otros organismos (por ejemplo, las bacterias) por sí solos ya no pueden hacerlo.

Los *protozoos* son organismos unicelulares microscópicos de mayor tamaño que las bacterias., establecen relaciones con estas últimas que resultan beneficiosas para el suelo, ya que se nutren de bacterias patógenas y viejas.

Los *nematodos*, entre ellos el grupo más destacado resultan las lombrices del suelo. Estos son importantes para el suelo y las plantas, ya que algunos viven saprofíticos sobre la materia orgánica y otros como la lombriz de tierra, al pasar por su cuerpo gran cantidad de tierra para extraer de ellas las sustancias que necesita para vivir, hace esta tierra más aprovechable por las plantas. A la vez los túneles que hacen permiten que en el suelo aumente la permeabilidad y la aireación. También arrastran cantidades apreciables de tierra de las capas inferiores a las superiores y mezclan enormemente el terreno.

Los organismos restantes influyen de forma indirecta sobre el suelo y las plantas, ya sea porque abren galerías, porque se alimentan de plantas perjudiciales o porque ayudan a la descomposición de la materia.

Sin la participación de los organismos que viven en el suelo no sería posible la nutrición de las plantas, ya que las distintas enzimas segregadas por estos al actuar sobre los compuestos químicos del suelo y los elementos de la atmósfera, son convertidas por ellos en compuestos solubles y asimilables por los vegetales.

En otros casos, estos organismos ayudan al mantenimiento de las propiedades físicas y químicas en el suelo (fig. 2.11).

Fig. 2.11

Otras propiedades de los suelos

Además de las propiedades estudiadas existen otras relacionadas con la actividad del agua en el suelo.

El agua capilar permanece en el suelo por efecto capilar, su movimiento puede tener cualquier sentido: ascendente, descendente y lateral. Este movimiento depende de la textura y la estructura, las cuales determinan la existencia de los distintos tipos de poros.

En un suelo arcilloso el porcentaje de microporos es mayor que el macroporo, por consiguiente, el ascenso del agua por vías capilares alcanza su valor máximo, lo que tiene gran importancia, ya que hace posible disponer de humedad al sistema radicular.

El agua higroscópica viene a ser una reserva sin uso, esta se encuentra sujeta firmemente por fuerzas físicas y químicas, no se hiela por debajo del normal punto de congelación, y no se evapora hasta un grado de calor muy próximo al punto de ebullición del agua. De ahí que cuando el suelo tiene la capacidad para condensar y retener vapor de agua del aire, hablemos de higroscopicidad.

El grado de higroscopicidad depende de la superficie total de las partículas del suelo y de la cantidad de vapor de agua en el aire, que está en contacto con el suelo; es mayor cuando el grado de saturación de humedad del aire atmosférico es elevado, y llega a su máximo, cuando la atmósfera está completamente saturada de vapor de agua.

Clasificación de los suelos

Desde el punto de vista agrícola, resulta de gran interés realizar clasificaciones taxonómicas de los suelos según las semejanzas o diferencias que presenten unos con otros en los procesos que hayan incidido en su formación y la intensidad con que hayan actuado los distintos factores.

Han existido innumerables clasificaciones de los suelos, algunas con puntos de vista coincidentes y otros totalmente opuestos, sin que aún se haya logrado una en el consenso unánime de las distintas escuelas. En la medida en que se profundice en el conocimiento del suelo y se puedan precisar sus características, propiedades, etc., irán surgiendo nuevas clasificaciones lógicamente, con nuevos análisis.

Se conoce que desde antes de nuestra era se han estado haciendo intentos por clasificar los suelos en función de su color, estructura, etc., posteriormente se originaron nuevas escuelas en la antigua URSS, Estados Unidos y Europa Occidental.

Las primeras clasificaciones se hicieron de forma sencilla, en función de características fáciles de reconocer tales como el color (suelos colorados, negros, mulatos, amarillos, grises y otros; la resistencia del suelo a la aradura (pesados y ligeros) y sus propiedades físicas como la textura (arcillosos, limosos y arenosos).

La historia de las clasificaciones de los suelos de Cuba, se puede dividir en tres períodos fundamentales:

- Hasta 1902 (fin de la colonización española).
- Hasta 1959 (período de la República mediatizada).
- Después del triunfo de la revolución (fundamentalmente después de 1964).

Desde que en el siglo pasado, el científico ruso V. V. Dokuchaev, enunció los principios científicos de la pedología como ciencia hasta nuestros días, un

considerable número de científicos se han dedicado al desarrollo de la clasificación de los suelos cubanos, existiendo en la actualidad una gran información de los diferentes tipos de suelos del archipiélago cubano.

El primer informe sobre los suelos de Cuba, se remonta al año 1797, de Antonio Morejón y Gato sobre “Las buenas propiedades de la tierra bermeja para el cultivo de la caña de azúcar, sobre su excelencia con respecto a la negra”, y hasta 1842 que Mariano Carrillo explicó sus reflexiones acerca de la naturaleza del terreno de las Antillas. En 1850, en los Anales y Memorias de la Real Junta de Fomento aparece el informe, “Memorias sobre caña de azúcar y los diversos terrenos adecuados a ella”.

En 1855, Ramón de la Sagra, realizó 16 análisis de los suelos cubanos; y en 1864 Manuel Fernández de Castro llevó a cabo de forma muy rudimentaria, lo que pudiera considerarse el primer estudio genético de los suelos de Cuba sobre la formación de la tierra colorada, que constituye gran parte de los terrenos de cultivo de la Isla de Cuba. Después de la instauración de la República en 1902 se conoce el estudio realizado por Mario Sánchez Roi en 1913, “Los suelos de la Isla de Pinos” y el de Gastón Alonso Cuadrado en 1912 sobre, “La tierra colorada y la tierra negra”.

Otro intento de clasificación de los suelos de Cuba se hizo en 1916 bajo el título Las tierras de Cuba, trabajo firmado por J.T. Crowley, de la Estación Experimental de Agronomía de Santiago de las Vegas, hoy Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT) perteneciente a la Sección Agrícola de la Academia de Ciencias de Cuba. Este trabajo estuvo basado en las distintas colocaciones: pardo, negro, rojo, etc., y ofrece las conclusiones de numerosos análisis realizados en los distintos tipos de suelos. Esta experiencia fue la más compleja en lo que se refiere a la clasificación de los suelos hasta 1928, año en que los doctores H.H. Bennett y R.V. Allison hicieron un estudio de mayor

complejidad y más científico, quedando el de Crowley como material de consulta para los interesados en suelos.

La clasificación de Bennett y Allison fue publicada en los *Suelos de Cuba* (1938). Este trabajo estuvo basado en un reconocimiento general de la Isla llevado a cabo en los años 1926 y 1927. La clasificación está basada en los criterios de la escuela norteamericana, que se apoyan principalmente en el aspecto morfológico del suelo con finalidad productiva, es decir, su objetivo principal fue detectar la utilización futura de los suelos desde el punto de vista económico para condicionar con posterioridad su explotación en manos de los monopolios. Estas clasificaciones dieron lugar a la ubicación de centrales azucareros y explotaciones agropecuarias en todo el territorio. En esencia dicha clasificación es mecánica y antidualéctica.

La clasificación denomina a los suelos por familias y series. La serie es la unidad básica de clasificación y la que establece los valores agrícolas comparativos y las leyes de la distribución geográfica de los suelos. Este trabajo se utilizó como base para la guía de nuestra agricultura. Se propusieron en Cuba más de 100 series de suelos; sin embargo no se abarcó la totalidad de los existentes.

Las series se establecieron sobre la base de las características morfológicas y algunas propiedades tales como el color, la textura, la estructura, la plasticidad, el grado de humus, la presencia de potasio del suelo y sus horizontes, el grado de drenaje, la presencia de concreciones de hierro y el carácter de la roca que lo forma.

Para las series descritas se empleaba una nomenclatura geográfica: Matanzas, Truffin, Capdevila, etc. Cuando se hallaban series semejantes a las clasificadas en los EE.UU. se les daban las mismas denominaciones: Norfolk, Coxville, Scranton, etc. Las familias de suelos agrupaban un número dado de series sin lazos genéticos entre sí, y en esta forma resulta en extremo difícil sacar tipos o subtipos según su génesis.

Posteriormente en 1935 el propio Bennett, realizó un estudio de los suelos publicado en el libro *Algunos nuevos suelos de Cuba*, en este se describen las series de suelos encontrados y se elaboró el mapa de suelo a escala 1:800 000, el cual constituyó la base principal de la agricultura cubana.

Con el triunfo de la Revolución surge la necesidad de un mayor aprovechamiento del recurso suelo. Con vista a una política agraria intensiva, se hace evidente la necesidad de intensificar y mejorar los estudios de nuestros suelos. Los especialistas ligados a la agricultura comenzaron a tener asesoramiento proveniente de países socialistas, y se inicia la clasificación de los suelos teniendo en cuenta primeramente la génesis y evolución de los suelos cubanos. Alcanzan así estos trabajos un alto valor científico.

Así en 1964, I. Stepanov clasifica por primera vez los suelos de Cuba con base genética, por los principios de la Escuela Soviética y en 1966, S. V. Zonn y colaboradores, realizan un experimento de construcción de la clasificación genética de los suelos de Cuba.

Los especialistas cubanos del Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba y otros organismos, asesorados por especialistas extranjeros, desarrollaron una clasificación sistemática, empleada en la elaboración del Mapa Básico de Suelos de Cuba a escala de 1: 250 000. Mediante esta clasificación se pudo separar por primera vez en nuestro país áreas pedológicas que se incluyen en las categorías superiores de una clasificación sistemática más universal. Recibieron nuevos nombres algunos grandes grupos en que se dividen los suelos o se adaptaron otros mundialmente conocidos.

Esto fue posible ya que se basaron en un levantamiento realizado desde 1965 a 1968 en colaboración con especialistas de la República Popular China, que se considera la primera verdadera clasificación genética de los suelos de Cuba, cuyos

principios y características son publicados en 1973 en el libro *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*.

En el 1975 se estableció la segunda clasificación genética de los suelos cubanos. Se trató de, profundizar aún más en los principios y nomenclaturas de una verdadera clasificación genética. Esta clasificación incluye 10 grupos de suelos:

- I. Ferríticos.
- II. Ferralíticos.
- III. Fersialíticos.
- IV. Pardos.
- V. Húmicos calcimórficos.
- VI. Vertisuelos.
- VII. Hidromórficos.
- VIII. Halomórficos.
- IX. Aluviales.
- X. Poco desarrollados.

A partir de 1975 se comenzaron a hacer estudios más prácticos de esta clasificación, procurando no cambiar en lo posible el esquema inicial, sino que se trató de argumentar y profundizar más en la explicación de las categorías superiores (agrupamiento y tipo fundamentalmente), surgiendo así en el año 1980 la rectificación de esta clasificación que consistió, esencialmente, en la aparición de otro nuevo agrupamiento y cambios en algunos tipos genéticos de suelos. Así por ejemplo, se separó el Agrupamiento de los Suelos Cenagosos, que anteriormente aparecía como un tipo dentro del Agrupamiento Hidromórficos, y se hicieron cambios en los tipos de suelos Oscuros plásticos (Vertisoles) y en los subtipos de los suelos Ferralíticos amarillentos.

En esta clasificación se establecen 11 agrupaciones regidas por los procesos principales de formación que tienen lugar:

- I. Ferríticos.
- II. Ferralíticos.
- III. Fersialíticos.
- IV. Pardos.
- V. Húmicos calcimórficos.
- VI. Oscuros plásticos (Vertisoles).
- VII. Hidromórficos.
- VIII. Cenagosos.
- IX. Halomórficos.
- X. Aluviales.
- XI. Poco evolucionados.

Esta agrupación reúne: tipo, subtipo, género, especie y variedad.

Tipo. Es la unidad taxonómica básica de la clasificación genética. Comprende los suelos desarrollados en condiciones bioclimáticas e hidrológicas similares, que presentan una manifestación clara de un mismo proceso de formación principal con un grado de desarrollo análogo. El proceso principal puede coexistir con otros procesos edafogénicos. Las características similares de los suelos de un mismo tipo son:

- Semejanza en los procesos de transformación y migración de sustancias.
- Carácter de los regímenes hídrico y térmico.
- Condiciones ecológicas y tipo de vegetación.
- Estructura del perfil según la presencia de los horizontes genéticos.

Subtipo. Este refleja las formas cualitativas de manifestación del proceso de formación de los suelos, propias de los tipos en las diversas condiciones y del medio, y pueden dar lugar, por otra parte, a transiciones entre los tipos.

Género. Está determinado por la manifestación particular de la formación de los suelos en relación con las características de la roca madre o del material sustentador (carbonatación, salinización, etc.), de la composición de las aguas subterráneas o por la presencia de índices heredados de estados anteriores de desarrollo, que no son característicos para la dirección actual de la pedogénesis.

Especie. Representa la unidad principal de clasificación empleada en la categoría a escala detallada. Las especies se diferencian por las variaciones cuantitativas de las principales propiedades del género, que son a su vez los índices más sustanciales del horizonte genético en relación con los procesos de formación que caracterizan los tipos de suelos. Las especies se distinguen según el contenido de concreciones, grado de humificación, intensidad de la salinidad, grado de lavado, intensidad de la gleyzación y la profundidad del suelo (tierra fina).

Variedad. Esta unidad es definida generalmente sobre la base del análisis mecánico de las fracciones, el porcentaje de la pedregosidad que se presenta en la superficie, y la graviliosidad.

Características de las agrupaciones

Ferríticos. Son los que presentan una alteración intensa de los minerales primarios y un elevado contenido de sesquióxido de hierro. En esta agrupación encontramos el tipo Ferrítico púrpura.

Ferralíticos. Suelos donde el proceso de ferralitización se caracteriza por una alteración intensa de los minerales, una eliminación de la mayor parte de la sílice, formación de minerales arcillosos y óxidos de hierro y aluminio. En esta agrupación encontramos los siguientes tipos: Ferralítico rojo, Ferralítico rojo

lixiviado, Ferralítico amarillento lixiviado, Ferralítico cuarcítico amarillo, Ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado.

Fersialíticos. Son suelos que se forman bajo el proceso de sialitización acompañado por la ferruginación, con formación de minerales arcillosos. Tienen perfil A, B, C, con color rojo o amarillento en el perfil, o algún horizonte, como resultado de la acumulación relativa del hierro libre, durante el proceso de formación del suelo. Encontramos en esta agrupación los tipos siguientes: Fersialítico pardo rojizo, Fersialítico rojo parduzco ferromagnésico y Fersialítico amarillento lixiviado.

Pardos. Son suelos que se forman bajo el proceso de sialitización, en el cual se presentan minerales arcillosos. El pH oscila entre ácido y ligeramente alcalino, con predominio de calcio entre los cationes intercambiables. Aquí encontramos los tipos siguientes: pardo sin carbonatos, pardo con carbonatos, pardo grisáceo.

Húmicos calcimórficos. En estos suelos predomina el proceso de humificación, favorecido por la presencia de grandes cantidades de calcio activo y arcilla. En esta agrupación encontramos los tipos siguientes: Húmico carbonático, Reudzina roja, Protorreudzina roja, Protorreudzina negra.

Oscuros plásticos (Vertisoles). La formación de estos suelos, está relacionada con un intenso arcillamiento del perfil en un medio hidromórfico antiguo o semihidromórfico. Sobre este espesor arcilloso en las condiciones del clima tropical de humedad alternante de Cuba, se presenta una tendencia a desarrollar una estructura de bloques, prismáticos grandes o medianos, con caras de deslizamiento, las cuales se manifiestan muy bien en la época de seca, conjuntamente con el agrietamiento fuerte del suelo. La formación de estos suelos posiblemente ocurrió en muchas regiones de Cuba. En esta agrupación encontramos los tipos: Oscuro plástico gleyzoso, Oscuro plástico neoautomórfico.

Hidromórficos. Suelos que se desarrollan en regiones llanas donde predominan condiciones hidromórficas por la presencia de un manto freático cercano a la superficie y, en ocasiones, por presentar una capa impermeable en profundidad, unido a un mal drenaje superficial e interno. Los tipos que presenta son: Oscuro plástico, Gley húmico aluvial, Gley cuarcítico concrecionado.

Cenagosos. Estos suelos se encuentran, una gran parte del año, sumergidos o con el manto freático a pocos centímetros de la superficie. Ocupan algunas cuencas inferiores o las regiones costeras bajas recibiendo o habiendo recibido en el pasado una influencia directa del mar, por lo que generalmente se encuentran salinizados. Comprenden los siguientes tipos: Turba fibrosa, Turba alterada, Turba marga e Hidromórfico cálcico.

Halomórficos. Comprende suelos con acumulación de sales solubles totales mayor que 1 % en todo el perfil o en algunos horizontes, así como pueden tener a la vez alto contenido de Na^+ . Los tipos que presentan estas agrupaciones son: Salonchack y Solonetz.

Aluviales. Aquí se han agrupado los suelos que se caracterizan por no presentar un proceso de formación definido. Se plantea un tipo de suelo aluvial que incluye no solo los de valle fluvial anegadizo sino los que actualmente no están sujetos a inundaciones desde hace tiempo, pero que aún no presentan rasgos en el perfil, producidos por el desarrollo de nuevos procesos edafológicos. En ellos encontramos el tipo Aluvial.

Poco evolucionados. Son aquellos que presentan una alteración química y biológica incipiente; sin embargo, la fragmentación y redistribución de la composición mecánica del material son acentuadas. Los tipos que presentan son arenoso cuarcítico y esquelético.

En 1988 se realizó un esquema de clasificación genética de los suelos de Cuba, por grupos y tipos genéticos.

En 1994 se elaboró la nueva versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. En esta clasificación se emplean horizontes diagnósticos, los cuales se utilizan para clasificar diferentes niveles taxonómicos: horizontes principales y horizontes normales. El horizonte principal es el producto final de las transformaciones y translocaciones de las sustancias orgánicas y minerales (procesos de formación) que ocurren bajo diferentes condiciones (factores de formación); en otras palabras, es el reflejo de la génesis y evolución del suelo. Los horizontes normales se utilizan para diferenciar tipos y subtipos de suelos.

En esta clasificación se emplean cinco unidades taxonómicas: agrupamiento, tipo, subtipo, género y especie. El agrupamiento reúne tipos de suelos que tienen en común el proceso principal de formación del suelo y su grado de evolución en relación con la interacción de los factores de formación.

<i>No. Agrupamiento</i>	<i>Horizonte</i>	<i>Principal característica</i>
1 Alítico	B Alítico	Presencia de aluminio
2 Ferrítico	B Férrico	Presencia de nódulos ferruginoso
3 Ferralítico	B Ferralítico	Predominio de minerales arcillosos
4 Ferrálico	B Ferrálico	Predominio de minerales arcillosos con estructura algo gruesa
5 Fersialítico	B Fersiálico	Presencia de minerales arcillosos con estructura gruesa estable
6 Pardo sialítico	B Siálico	Contenido de arcilla igual en horizonte A y B

7	Húmico sialítico	A Humificado	Ausencia de horizonte A
8	Vertisol	A ₀ B vértico	Posee arcilla en un 40 % con estructura en bloques prismáticos
9	Hidromórfico	Propiedades gléycas	Suelo saturado por el manto freático
10	Halomórfico	Horizonte salino	Contiene sales solubles
11	Fluvisol	No definido	Suelos anegados o que han estado sujetos a inundaciones pero aún no evolucionan.
12	Histosol	Horizonte hístico	Alto contenido de materia orgánica en su superficie o cerca de ella.
13	Poco evolucionado	No definido	Alteración química y biológica incipiente
14	Antrosol	Horizonte antrópico	Influencia marcada del hombre, su naturaleza es variable, puede dar lugar a distintos tipos de suelo

Clasificación agrológica de los suelos

Por último, es conveniente señalar que además existe una clasificación de los suelos desde el punto de vista de su capacidad productiva y su susceptibilidad a la erosión. Esta clasificación agrupa los suelos en ocho clases, decrecientes en su utilización para la producción de cosechas, y de las cuales las cuatro primeras están constituidas por suelos apropiados en distintos grados para establecer en ellos cultivos anuales que requieren labores y escardas periódicas. Comprenden los terrenos laborados con maquinarias agrícola más o menos pesada. Tienen

cierto grado de pendientes variable; además de suficiente fertilidad natural para permitir el desarrollo de la vegetación.

Las otras cuatro clases son de suelos apropiados para establecer en ellos vegetación permanente como potreros, cafetales, cocotales, bosques, entre otros.

Erosión de los suelos

En la tierra se manifiesta una constante remoción y redistribución de partículas que conduce en la mayoría de los casos a la formación del nuevo suelo en los lugares donde estas se depositan, siempre y cuando no haya un factor que desplace este equilibrio que existe en condiciones naturales, lo que trae como resultado que la remoción de partículas sea mucho más acelerada que la formación de nuevos suelos.

A este proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas, a consecuencia de la acción de variados agentes naturales, se le da el nombre de *erosión*. Es bueno plantear que este concepto tiene dos acepciones: una *ampliada*, que se refiere a la erosión natural o geológica que ocurre constantemente en el planeta, y mediante la cual se descompone la masa rocosa de la corteza terrestre a causa de la acción continuada de agentes de la naturaleza, tanto internos como externos (clima, seres vivos, movimientos terrestres, actividades ígneas etc.); la acepción *restringida* es aquella que se refiere a la erosión acelerada, es decir, cuando lo hacemos desde el punto de vista de la conservación del suelo. Esta erosión acelerada se produce como resultado de la acción del hombre sobre el suelo para obtener de este sus alimentos u otros elementos que mejoren sus condiciones de vida; se rompe el equilibrio natural y el movimiento de partículas se acelera tornándose altamente perjudicial.

La erosión geológica es inevitable, ya que ocurre de manera natural, lentamente y pasa en la práctica inadvertida para el hombre. Por su parte la erosión acelerada o anormal está asociada indisolublemente, al hombre, y aunque inevitable puede disminuirse al máximo mediante una consecuente actividad agrícola. Sin embargo, en los momentos actuales uno de los problemas ecológicos más apremiantes es la pérdida progresiva de suelos potencialmente explotables por el mal manejo que se hace de ellos.

Tipos de erosión

La erosión puede ser de dos tipos: hídrica si es causada por el agua y eólica si lo es por el viento (fig. 2.12).

Fig. 2.12

Erosión hídrica

La erosión hídrica se produce por el impacto de los miles de millones de gotas que disgregan los terrones y el posterior arrastre de los mismos por el agua que no es absorbida al correr por la superficie del suelo (corriente de escurrimiento, escorrentía).

Mientras mayor sea la velocidad de la corriente (de acuerdo con la pendiente, la cantidad de agua caída, etc.), menos compacto esté el suelo y menos vegetación exista, mayor será la cantidad de suelo que se arrastra. Según la forma en que es arrastrado el suelo, se suele clasificar la erosión hídrica en tres grupos: laminar, en surcos y en zanjones o cóncavas.

Erosión laminar. Se arrastran capas delgadas del suelo más o menos uniformes sobre un área más o menos extensa.

Erosión en surco. Consiste en la formación de surcos muy estrechos que se originan en terrenos con pendiente cuya superficie presenta algunas irregularidades. Este tipo de erosión ocurre generalmente durante aguaceros de gran intensidad y en laderas con pendientes pronunciadas.

Erosión en zanjones o cóncavas. Se produce en aquellas regiones en que pueden concentrarse grandes cantidades de agua continuamente. El ancho de la cóncava aumenta por socavación y desmoronamiento de sus paredes y se profundiza a medida que transcurre el tiempo.

Erosión eólica

La erosión eólica. Es causada por el viento donde quiera que los materiales superficiales sueltos no se encuentren protegidos por una cubierta de vegetación. Para esto es menester que se produzcan vientos de suficiente intensidad, que el suelo sea suelto y que tenga una escasa humedad. De acuerdo con el tamaño de las partículas arrastradas, se acostumbra distinguir dos tipos de erosión eólica: masiva y selectiva.

Erosión masiva. Se produce cuando el viento arrastra todo tipo de partículas existentes en la capa superior del suelo.

Erosión selectiva. El viento arrastra solamente las partículas de menor peso, y quedan aquellas que no pueden ser arrastradas. Por lo general el material arrastrado es el que tiene mayor cantidad de elementos nutritivos.

Factores que intervienen en la erosión acelerada

Los factores que intervienen en esta erosión son: los relacionados con el suelo, los climáticos, los topográficos, los biológicos y los socioeconómicos. Es indudable que la naturaleza del suelo, sus propiedades físicas y químicas, etc., tienen una marcada influencia en la resistencia que pueda tener un suelo a la erosión. Por su

parte dentro de los factores climáticos se destacan las precipitaciones, el viento y la temperatura. De los factores biológicos, la vegetación es el más importante porque detiene el impacto de la lluvia, disminuye la velocidad de las corrientes y atenúa, a través de las transpiraciones, la cantidad de agua que puede erosionar el terreno.

Existen también otros factores biológicos que intervienen en la erosión, como son el paso continuado de animales por algunos lugares (posibilitan que el suelo sea arrastrado por el agua), la actividad de los organismos del suelo (mejoran el drenaje), etc. La influencia de la topografía se manifiesta a través del grado de pendiente, lo que determina la velocidad de la corriente de agua.

Los factores sociales precisamente caracterizan la erosión acelerada, y están dados por el manejo que el hombre haga del suelo en su gestión de procurarse el sustento. El empleo de técnicas adecuadas es imprescindible para evitar la erosión, pero para esto es necesario crear una conciencia conservacionista en toda la población y la firme gestión del estado al respecto.

En nuestro país, el Gobierno revolucionario ha desarrollado una importante actividad en este sentido, que abarca el estudio de las condiciones concretas de nuestro medio, la educación del pueblo, la formación de especialistas, la introducción de la tecnología necesaria, etcétera.

Conservación de los suelos

Según se ha estudiado, los suelos se degradan progresivamente como resultado de la acción de varios factores que interactúan. Además, el hombre constituye un factor activo que interviene en estos procesos y es en definitiva el encargado de frenar la destrucción del medio de donde obtiene su sustento.

La conservación de los suelos constituye una de las actividades de primer orden en la agricultura moderna. En los momentos actuales, en que comienza a hablarse del

agotamiento de las tierras potencialmente aptas para el cultivo, de no lograrse una explotación racional de las mismas no podrá la humanidad resolver el enorme problema que significa la alimentación de una población en ascenso.

Gran número de autores coinciden en dar a los factores sociales una gran importancia para la conservación de los suelos. La distribución racional de las poblaciones en el país, la elevación progresiva del nivel cultural, etc., son los primeros pasos a dar para lograr un programa de conservación. Posteriormente, se impone una clasificación agrológica de los suelos para planificar la explotación que se puede hacer de los mismos.

Si se tienen en cuenta factores tales como el relieve, la fertilidad, la profundidad de la capa arable, la productividad, el drenaje, etc., se establece un rango de categorías que nos indican si es factible practicar un cultivo en ellos y qué cultivo en caso positivo; si es o no necesario aplicar medidas de conservación, si es recomendable sembrar vegetación permanente; si es práctico utilizarlo en la urbanización, etcétera.

Si se logra esto, pueden iniciarse los trabajos de conservación; estos se pueden clasificar en culturales y agronómicos, y en mecánicos.

Métodos culturales y agronómicos

Los métodos agronómicos consisten en una distribución adecuada del cultivo; la siembra en curvas de nivel; las siembras en fajas; el cultivo de plantas de coberturas y abonos verdes, las barreras vivas y la rotación de cultivo.

Distribución adecuada del cultivo. Asegura el uso racional del suelo en función de la clasificación agrológica. La siembra de bosques, pastos, cultivos de cobertura u otro tipo de plantas en aquellas áreas propensas a la erosión. La capa de estos vegetales que se acumula sobre el suelo en un terreno ocupado por bosques es el principal agente de defensa, pues no solo disminuye el impacto de

las gotas de lluvia al caer, sino que aumenta la porosidad del suelo y contribuye a elevar el contenido de humus. La porción aérea de las plantas, reduce la velocidad del viento, y por otra parte, sus raíces ayudan a estabilizar las partículas del suelo donde se necesite o donde sea más factible obtener los mejores resultados, es una práctica elemental en cualquier programa de conservación.

Siembra en curvas de nivel. Consiste en disponer los surcos y hacer todas las labores de cultivo en forma transversal a la pendiente, uniendo los puntos de igual altura sobre el nivel del mar. Con esto se evita que las corrientes de agua fluyan por los surcos y arrastren el suelo que existe removido en ellos. Por otra parte, las elevaciones entre surcos en disposición transversal a la pendiente disminuyen la velocidad de la corriente y por tanto el arrastre (fig. 2.13).

Fig. 2.13

Siembra en fajas. Consiste en cultivar una vegetación de follaje espeso y tupido, que intercepte el paso del arrastre del agua o del viento entre dos áreas de cultivo económico. Es una práctica compleja en la que la siembra (siguiendo curvas a nivel) del cultivo junto a las plantas de cobertura se alterna de año en año (rotación de cultivos), de manera que, la disposición del material se produzca en diferentes lugares a través del tiempo. Es sin duda alguna un método que goza de todos los beneficios del anterior más los que proporcionan las fajas de cobertura.

Cultivo de plantas de cobertura y abonos verdes. Se cultivan tipos específicos de plantas para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias y enterrarlos en la etapa final de su ciclo de vida, de esta forma se aporta la materia orgánica que mejora las condiciones físicas y químicas del suelo. Es necesario lograr una correcta rotación durante el año de las plantas de interés económico con las de

cobertura. Frecuentemente, se utilizan como abonos verdes plantas del orden *Fabales* (leguminosas), que aportan gran cantidad de nitrógeno al suelo, fijado a ellas por las bacterias con que viven en simbiosis.

Barreras vivas. Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso sembradas transversalmente a la pendiente, casi siempre en curvas de nivel. Con esto se disminuye la velocidad del agua y se retiene el suelo que esta arrastra, con lo que al cabo de 4 ó 5 años puede formarse un bancal (fig. 2.14).

Fig. 2.14

Rotación de cultivo. Es la sucesión recurrente y más o menos regular de diferentes cultivos en el mismo terreno. Es una práctica muy antigua, que contribuye a controlar la erosión de manera eficaz, manteniéndose la productividad de los suelos. Una buena rotación debe incluir leguminosas y pastos por un tiempo más o menos largo, según la susceptibilidad del terreno a la erosión. En lo posible, los cultivos que se suceden, deben tener diferentes exigencias alimenticias, no ser susceptibles a las mismas plagas y enfermedades y ofrecer grados diferentes de protección del suelo.

Métodos mecánicos

Los métodos mecánicos consisten en la construcción de los canales de desviación; las terrazas; los bancales; las acequias de laderas; las represas y los diques y la utilización del laboreo mínimo.

Canales de desviación. Son canales que se construyen para interceptar el paso de la corriente y conducir las aguas a un lugar de desagüe apropiado. De esta forma se evita que ocasionen daños a los suelos (fig. 2.15).

Fig. 2.15

Terrazas. Son camellones o muros de tierra que se construyen a un mismo nivel, con el propósito de controlar la fuerza destructiva de las corrientes en terrenos con pendiente pronunciada (hasta un 12 %). Estos camellones forman entre ellos una especie de canales de escasa profundidad, donde es posible sembrar de la misma forma que en un terreno llano. Existen dos tipos de terrazas, las de drenaje y las de absorción. Para las de drenaje se construye un conducto cavado y con declive para sacar el agua fuera del área. En los de absorción se aprovecha el agua en exceso para inundar la superficie de la terraza.

Bancales. Consisten en una serie de fajas llanas que se construyen transversalmente a la pendiente en terrenos con elevada inclinación (de 20 a 55 %); de aquí su ventaja sobre las terrazas. Solo hay que tener en cuenta que mientras mayor sea la pendiente menor será el ancho de las fajas (a las que también se les llama escalones o bancos).

Acequias de laderas. Se trata de canales de poco ancho que se construyen transversales a las pendientes (en regiones de altas precipitaciones con el objeto de evacuar el agua). Pueden construirse en terrenos con inclinaciones que no excedan de 30 a 40 % según el tipo de cultivo (fig. 2.16).

Fig. 2.16

Represas y diques. Constituyen sin duda alguna obras de defensa mecánica de enorme valor. Se trata con ambos de retener el agua, la humedad o las tierras arrastradas por las corrientes y dar tiempo a que la vegetación se desarrolle y defienda el suelo.

Laboreo mínimo. Es un método de conservación, consiste en la utilización de la menor cantidad de laboreo posible para lograr una buena cosecha sin exponer el suelo a los efectos de los agentes erosionantes.

Bibliografía

ALONSO, CARMEN y otros. *Compendio de suelos*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1980.

BEAR FIRMAN, E.: *Suelos y fertilizantes*. Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1967.

CABRER MESTRE, P. y R. GARCÍA VÁZQUEZ: *Suelos agrícolas cubanos*. Editorial Científico-Técnica; Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1968.

GUERRA DUARTE, F. y otros: *Edafología general*. Editorial de Libros para la Educación, La Habana, 1979.

GUTIÉRREZ, C.: *Compendio de suelos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1979.

HERNÁNDEZ, A. y otros: *Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 1975.

MORALES, J. P.: *Suelos y agroquímica I*. Editorial de Libros para la Educación, La Habana, 1980.

Clasificación genética de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, Ciudad de La Habana, 1994.

La materia orgánica y su disposición en los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, Ciudad de La Habana, 1982.