

SUELOS

DEFINICIÓN

- El suelo es la fina capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra.
- El suelo es una capa delgada situada en el límite entre la atmósfera y la zona continental de la corteza terrestre.
- Atmósfera, corteza y suelo interactúan para proporcionar a los seres vivos los recursos que necesitan. El suelo, por tanto, constituye el soporte de la vida sobre los continentes.

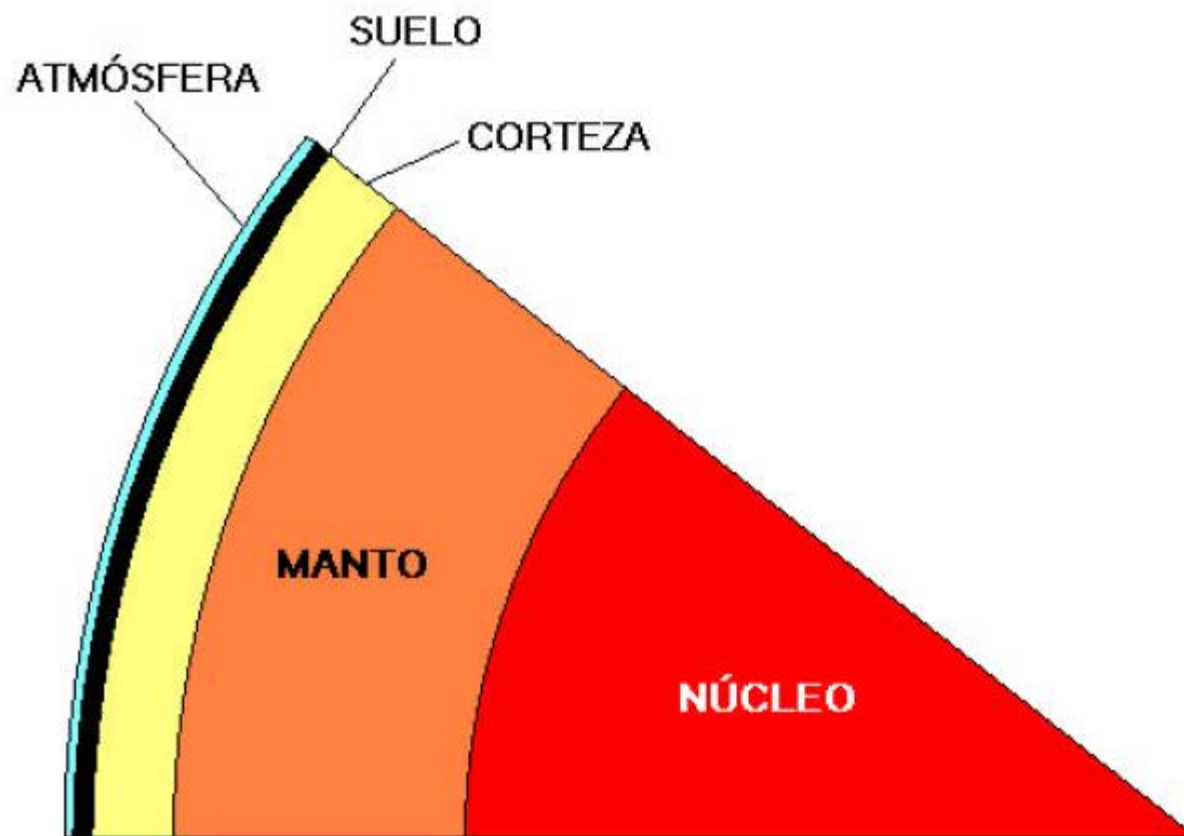


Figura 1-1. Sección transversal de la Tierra a través de un continente.

DEFINICIÓN

- Desde el punto de vista científico el suelo constituye el objeto de estudio de la Edafología, la cual lo define como
- "ENTE NATURAL ORGANIZADO E INDEPENDIENTE, CON UNOS CONSTITUYENTES, PROPIEDADES Y GÉNESIS QUE SON EL RESULTADO DE LA ACTUACIÓN DE UNA SERIE DE FACTORES ACTIVOS (CLIMA, ORGANISMOS, RELIEVE Y TIEMPO) SOBRE UN MATERIAL PASIVO (LA ROCA MADRE)".
- El suelo forma un sistema abierto a la atmósfera y la corteza que almacena de forma temporal los recursos necesarios para los seres vivos
- La disponibilidad de estos recursos (agua, energía, nutrientes minerales, etc.) depende de la intensidad y velocidad de los procesos de intercambio entre el suelo y el resto de compartimentos de los sistemas ecológicos.

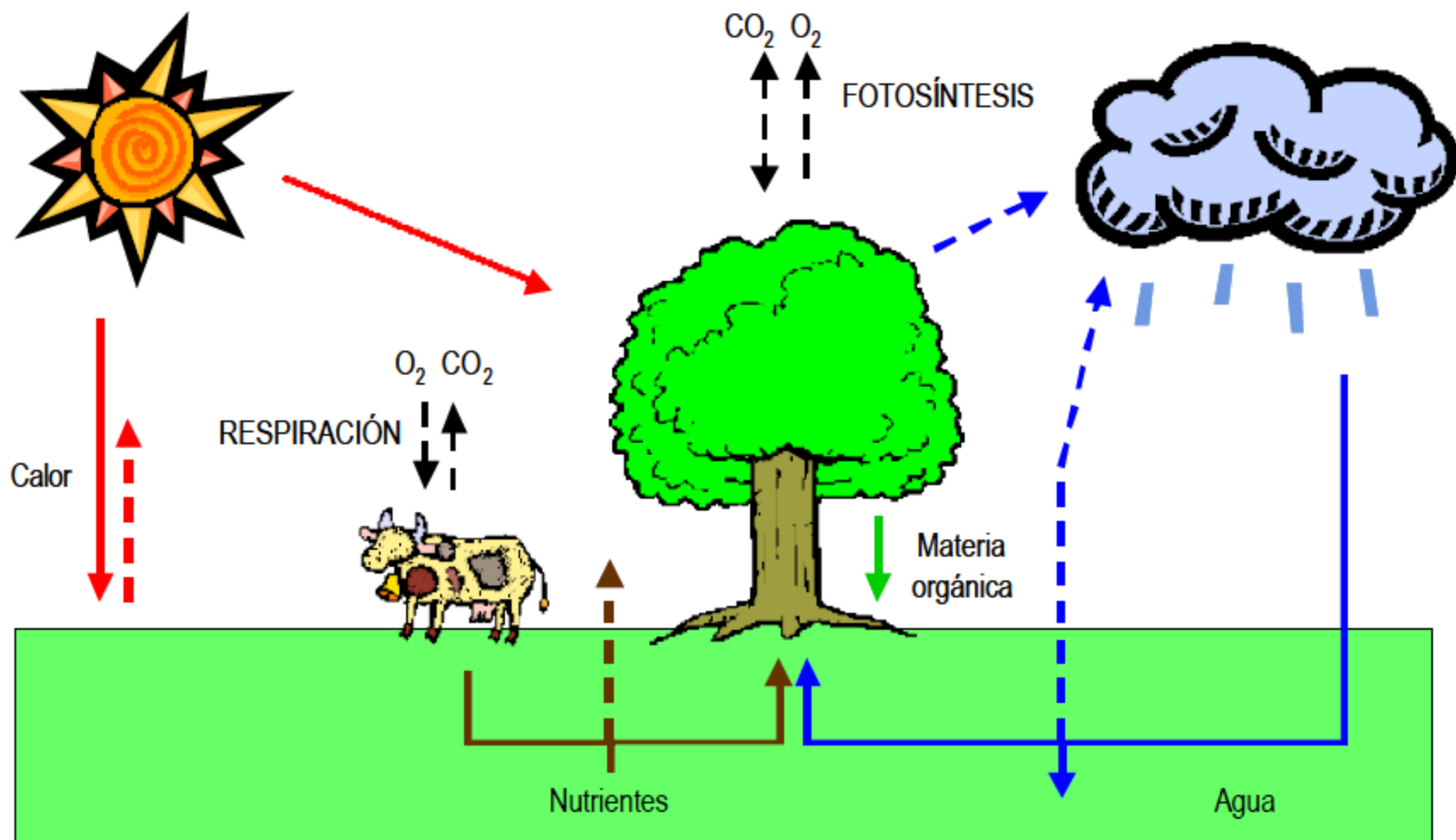


Figura 1-2. Ciclos e intercambios de materia y energía entre la atmósfera, el suelo, la corteza y los seres vivos.

CARACTERÍSTICAS

- **Complejidad:** El suelo está caracterizado por una atmósfera interna, una economía particular del agua, una flora y fauna determinada, unas partículas minerales y unas partículas orgánicas, estando todos estos componentes fuertemente relacionados.
- **Permeabilidad:** El suelo es un sistema abierto. Esta permeabilidad repercute en la mayor o menor facilidad de degradación.

CARACTERÍSTICAS

- **Dinamismo:** El suelo adquiere progresivamente sus propiedades por la acción combinada del medio. La roca madre se altera por influencia del clima y la vegetación; los residuos vegetales y animales son atacados por los microorganismos del suelo, forman complejos orgánicos coloidales que se denominan humus y que después se mineralizan progresivamente. Al fin de su proceso evolutivo, el suelo da lugar a un medio estable y equilibrado con el clima, la vegetación y la roca madre. Sin embargo, este equilibrio puede romperse mediante una modificación apreciable del clima o la vegetación, comenzando un nuevo proceso de evolución.

ETAPAS EN LA FORMACIÓN DEL SUELO

- El suelo procede de la roca madre, la cual se altera por la acción de los factores ambientales y en su formación se desarrollan una serie de procesos que transforman el material original hasta darle una morfología y propiedades propias.
- En la formación del suelo intervienen un conjunto de procesos muy heterogéneos. Esta complejidad se desprende si nos fijamos en la posición del suelo en la Naturaleza. El suelo está sometido a las leyes de la litosfera, hidrosfera, biosfera y atmósfera.

■ FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMACION DE LOS SUELOS

LA ROCA MADRE

- El suelo y la vegetación presentan interrelaciones muy estrechas por lo que se podría hablar de una sola unidad.
- La Roca Madre es el material geológico original, de donde surgirá el suelo forestal, tras la colonización por la vegetación, tras la disgregación física y química de las rocas.
- De los minerales que se producen de la disgregación, es de donde las plantas extraerán, a través de sus raíces, buena parte de los elementos químicos que necesitan para su supervivencia, con excepción del nitrógeno que se extrae fundamentalmente de la materia orgánica del suelo

LA ROCA MADRE

- No siempre la roca madre son duras. En ocasiones puede ser un arenal u otro tipo de rocas no consolidadas. Las rocas que forman los suelos se pueden clasificar en tres tipos:
 - Rocas ígneas cuando se enfría el magma (granito, basalto, etc)
 - Rocas sedimentarias: se forman por aglomeración de restos desprendidos de otras. Por ejemplo las areniscas, los conglomerados, arcosas, magmas, etc.
 - Rocas metamórficas: son rocas ígneas o sedimentarias que han sufrido transformaciones por calor, presión, o agentes químicos. Por ejemplo los esquistos, gneis y pizarras.

LA ROCA MADRE

- El tipo de roca, sea caliza o silicea, determina fuertemente los suelos que encontraremos en el medio forestal. De la naturaleza de la roca madre dependen una serie de propiedades físicas y químicas del suelo como: profundidad, compacidad, riqueza de bases (sobre todo calcio), permeabilidad, etc.
- Para que una planta pueda crecer, es necesario contar con Nitrógeno.
- El nitrógeno es abundante en la atmosfera.

LA ROCA MADRE

- Existen microorganismos que son capaces de absorberlos de la atmósfera y dejarlos disponibles para otros organismos.
- De la materia orgánica (restos vegetales y animales) es de donde se obtiene el nitrógeno.
- De modo orientativo se dice que un suelo que contiene un 5 % es rico en Nitrógeno y si tiene un 2 % es pobre. Es normal tener suelos entre el 2 y 3 % de N.

LA ROCA MADRE

- La naturaleza litológica del sustrato original condiciona las propiedades QUÍMICAS (acidez, riqueza en nutrientes, etc.) y FÍSICAS del suelo (permeabilidad, consistencia, textura, etc.).
- La influencia del material original se pone de manifiesto en propiedades como el color, la textura, la estructura, la acidez y otras muchas propiedades del suelo.
- Las rocas que contengan abundantes minerales inestables evolucionarán fácil y rápidamente para formar suelos, mientras que aquellas otras, como las arenas maduras, que sólo contienen minerales muy estables, como el cuarzo, apenas si llegan a edafizarse aunque estén expuestas durante largo tiempo a la meteorización.

LA ROCA MADRE

- La roca regula la penetración y circulación del aire y del agua, lo que va a condicionar de un modo decisivo la fragmentación, alteración y translocación de los materiales.
- En general, cuando el resto de condiciones permanecen iguales, existe una estrecha relación entre el tipo de suelo y las características de la roca madre.

CLIMA

- El clima influye directamente sobre el suelo mediante la humedad y la temperatura, y de manera indirecta mediante la vegetación y el relieve. El clima es el principal agente de alteración química del suelo, así como de la fragmentación mecánica de determinados tipos de sustratos.
- El clima controla los procesos que tienen lugar en el suelo y su intensidad. La disponibilidad y el flujo de agua regulan la velocidad de desarrollo de la mayoría de los procesos edáficos.

CLIMA

- Muchas propiedades de los suelos presentan determinadas tendencias relacionadas con las características del clima. La cantidad y el tipo de arcilla, por ejemplo tiene que ver con las características climáticas que controlan la alteración química. Existe una relación entre el tipo de mineral existente y la precipitación.

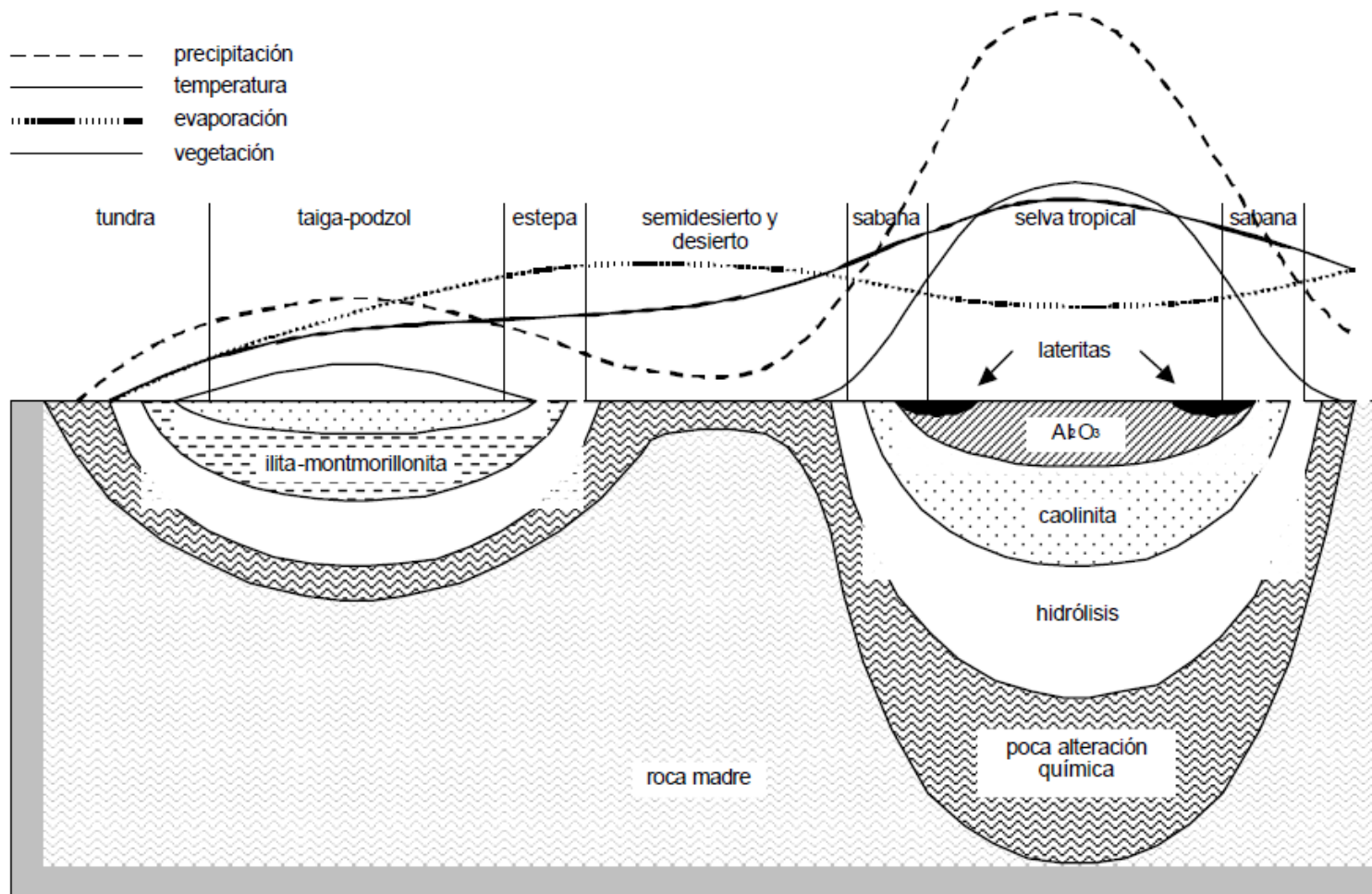


Figura 1-4. Relación entre el clima y los suelos a lo largo de un gradiente latitudinal (a partir de Strakhov, 1968).

RELIEVE

- El relieve condiciona el desarrollo del suelo, fundamentalmente desde el punto de vista de la profundidad y la diferenciación de horizontes. El relieve influye sobre el transporte por gravedad.
- Los relieves abruptos favorecen la erosión, originando suelos poco profundos. En los valles, por el contrario, se favorece el desarrollo en profundidad del suelo.

RELIEVE

- El relieve, además, condiciona aspectos como la insolación, el drenaje del suelo y determinados procesos geomorfológicos. La relación entre el suelo y las características geomorfológicas del paisaje es tan estrecha que su conocimiento es la base para establecer los modelos de distribución de suelos útiles en cartografía y ordenación del territorio.

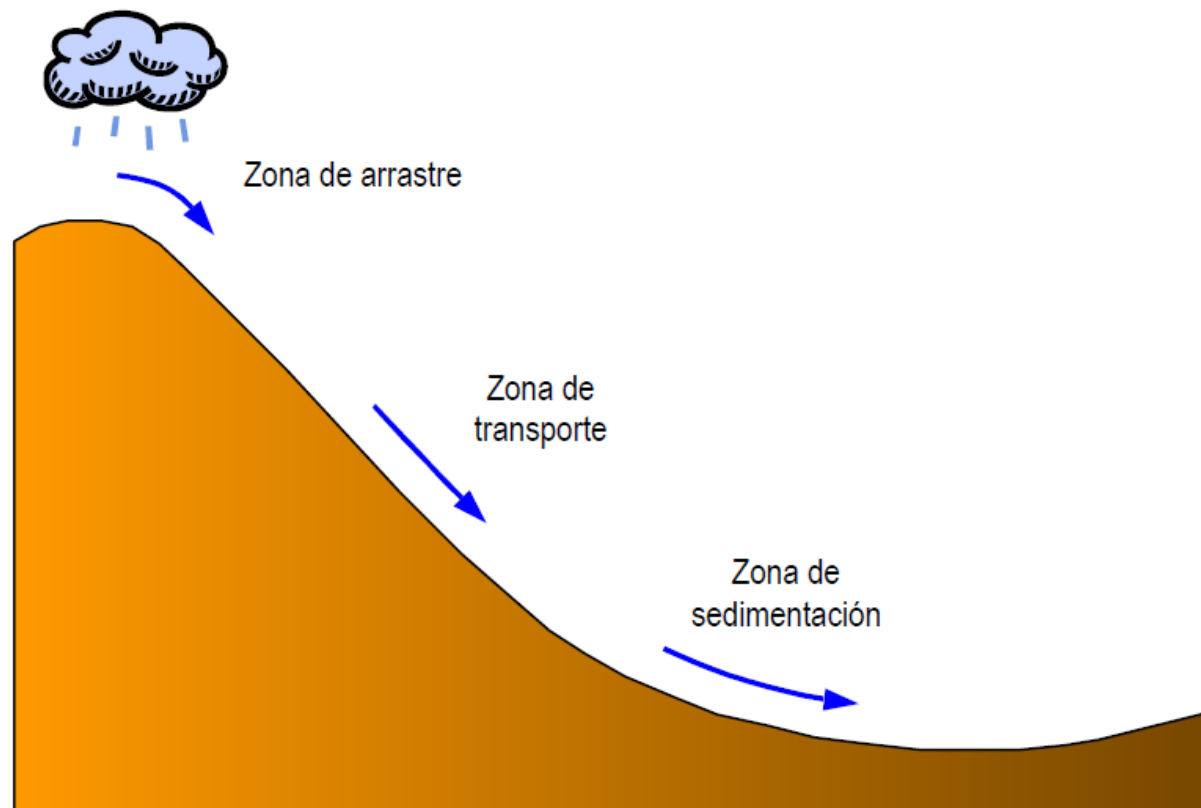


Figura 5-8. Influencia del relieve sobre los procesos de arrastre y sedimentación de partículas.

SERES VIVOS

- Los seres vivos afectan al suelo de diversas maneras. Las plantas constituyen la principal fuente de materia orgánica del suelo.
- Los seres vivos condicionan tanto procesos de tipo químico como físico, favoreciendo en general la fertilidad del suelo. Los animales excavadores trituran y mezclan el material del suelo, lo que influye sobre la estructuración, la permeabilidad y la aireación.

SERES VIVOS

- En general, los vertebrados y algunos invertebrados, como los artrópodos, son responsables de la bioturbación del suelo. Los invertebrados no artrópodos colaboran en la alteración de la materia orgánica y favoreciendo la mezcla de materia orgánica y mineral del suelo. La vegetación posee un papel clave en la formación del suelo, sobre todo si se considera su capacidad de meteorización de la roca (líquenes, raíces, etc.) o el aporte de materia orgánica.

EDAD

- El tiempo constituye un factor importante en el suelo, de tal modo que los suelos más antiguos son los que muestran un mayor desarrollo en profundidad del perfil y una mayor diversificación de horizontes.
- La velocidad de formación del suelo va desde **1 mm/año** hasta **0,001 mm/año**.
- Las propiedades del suelo pueden variar en función del momento del día o el año, además de la existencia de cambios muy lentos que necesitan decenas o cientos de años para producirse.

**Como es la
formación de un
suelo?**

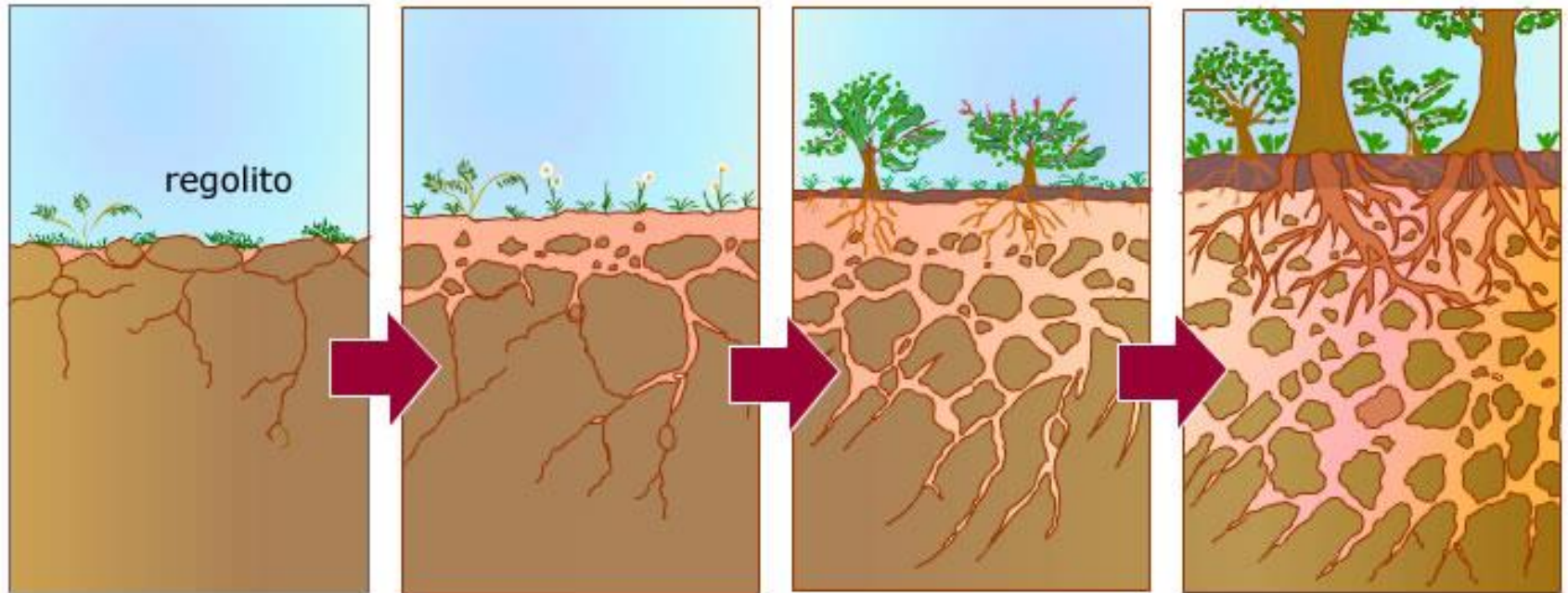
FORMACION DEL SUELO

- La formación del suelo tiene lugar como consecuencia de la actuación de estos cinco factores formadores, y en ella desde el punto de vista didáctico se pueden distinguir dos etapas:
- Representa la diferenciación de los constituyentes del suelo y una etapa final en la que los constituyentes se reorganizan y evolucionan para formar el suelo.

FORMACION DEL SUELO

- Comienza, lógicamente, con la fragmentación de las rocas originales y también de los restos de los organismos que poco a poco han ido colonizando el material.
- La desagregación del material facilitará la circulación del aire y del agua, y también favorecerá la actividad biótica, todo lo cual conducirá a la subsiguiente alteración química del material.

regolito



FORMACION DEL SUELO

- Los minerales de las rocas originales, dependiendo de la estabilidad, se alteran en mayor o menor medida, apareciendo en el suelo más o menos transformados. Los iones liberados en la alteración mineral pasarán a la solución del suelo formando geles o se recombinarán para dar lugar a nuevos minerales.
- Por otra parte, los vegetales y animales sufren al morir unas intensas transformaciones químicas, desarrollándose un nuevo material orgánico que evoluciona para alcanzar un equilibrio en las condiciones edáficas, llamado humus.

FORMACION DEL SUELO

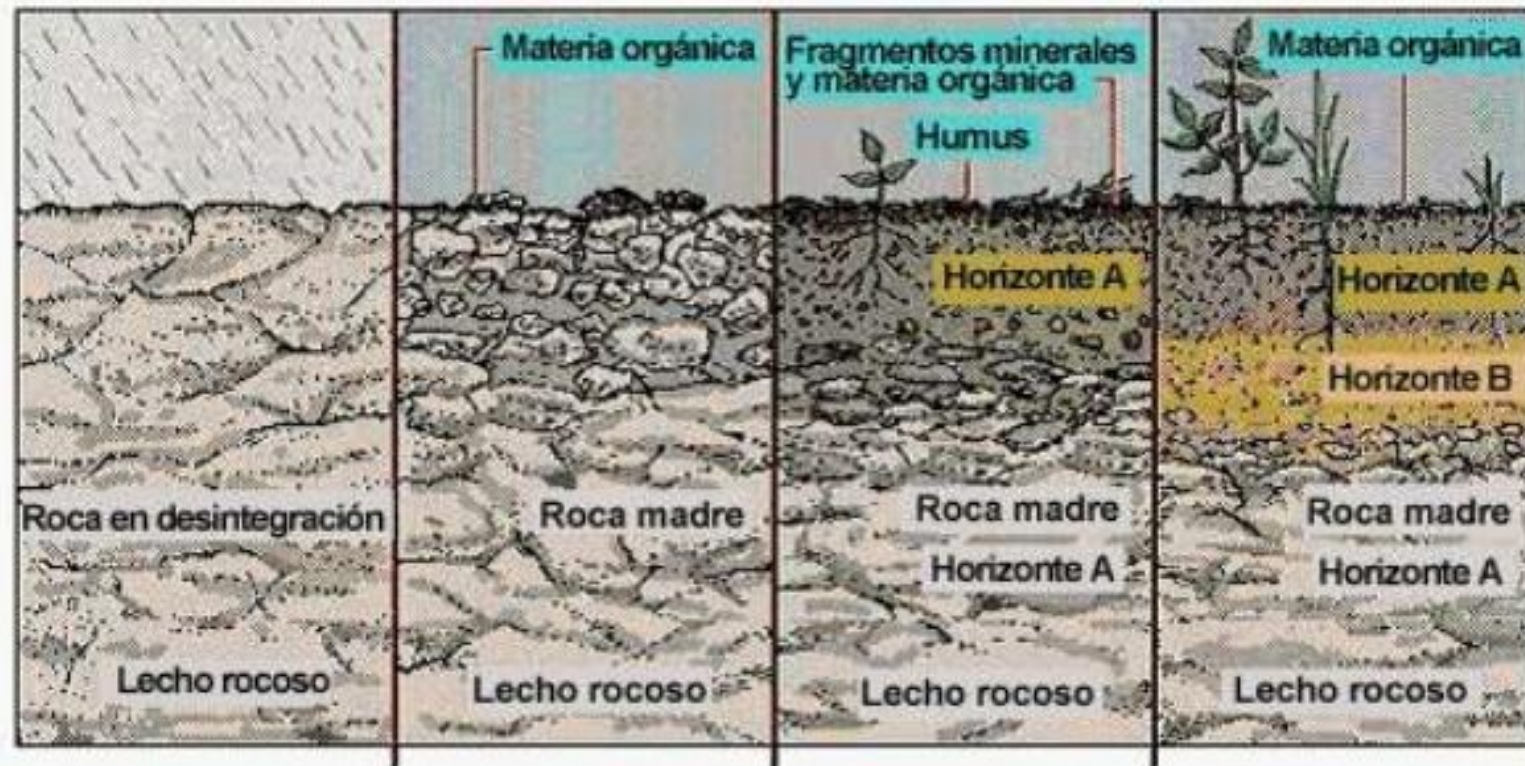
- Durante estos procesos de transformación del material orgánico se desprenderán compuestos sencillos que irán a engrosar la solución del suelo y también se pueden desprender como consecuencia de estas reacciones determinados gases, además de agua, pero el agua y los gases del suelo proceden fundamentalmente de la atmósfera.
- Etapa final. Todos los constituyentes formados o liberados en la etapa inicial (minerales, humus, geles, gases, agua y soluciones) sufren una serie de procesos de mezcla y diferenciaciones que si evolucionan in situ conducen a la formación del suelo, mientras que si son arrastrados a otros lugares, dan lugar a los sedimentos (los cuales pueden sufrir posteriormente nuevos procesos de edafización).

FORMACION DEL SUELO

- En la fase final la transformación es tan intensa que el material adquiere una morfología y unas características químicas propias. Las sustancias minerales originales se han transformado física y químicamente, se han reorganizado y unido entre sí y a la fracción orgánica y han formado nuevos agregados estructurales.
- Las movilizaciones de sustancias adquieren en esta fase un papel predominante.

El suelo: evolución o edafización.

EVOLUCIÓN DEL SUELO o edafización.



I El lecho rocoso empieza a desintegrarse

II La materia orgánica facilita la desintegración

III Se forman los horizontes

IV El suelo desarrollado sustenta una vegetación densa

TIEMPO

Fuente: Enciclopedia Encarta

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

PERFIL Y HORIZONTES DEL SUELO

- A cada capa en que se organiza el material del suelo se le denomina horizonte, y su superposición constituye el perfil del suelo.
- Los horizontes constituyen las unidades para el estudio y para la clasificación de los suelos.
- Los horizontes edáficos son capas aproximadamente paralelas a la superficie del terreno y se establecen en función de cambios de las propiedades y constituyentes (que son el resultado de la actuación de los procesos de formación del suelo) con respecto a las capas inmediatas.

PERFIL Y HORIZONTES DEL SUELO

- Los horizontes se ponen, normalmente, de manifiesto en el campo, en el perfil del suelo, pero los datos de laboratorio sirven para confirmar y caracterizar a estos horizontes.
- Generalmente bastan solo tres propiedades para establecer los horizontes de un suelo:
 - Color.
 - Textura.
 - Estructura.
- Aunque propiedades como la consistencia, la reacción ácida y otras, son a veces de gran ayuda, el más mínimo cambio detectado (en una sola o en varias de estas propiedades) es suficiente para diferenciar un nuevo horizonte.

HORIZONTES PRINCIPALES

- Los horizontes se designan mediante letras mayúsculas que nos indican las características fundamentales del material de que está constituido. De manera simple, los horizontes principales se designan mediante las siguientes letras:
- H . Acumulaciones de materia orgánica sin descomponer (>20-30%), saturados en agua por largos períodos. Es el horizonte de las turbas.
- O. Capa de hojarasca sobre la superficie del suelo (sin saturar agua; >35%), frecuente en los bosques.

HORIZONTES PRINCIPALES

- A. Formado en la superficie, con mayor porcentaje de materia orgánica (transformada) que los horizontes situados debajo. Típicamente de color gris oscuro, más o menos negro, pero cuando contiene poca materia orgánica (suelos cultivados) puede ser claro. Estructura migajosa y granular.
- E. Horizonte de fuerte lavado. Típicamente situado entre un A y un B. Con menos arcilla y óxidos de Fe y Al que el horizonte A y B. Con menos materia orgánica que el A. Muy arenosos y de colores muy claros (altos valores). Estructura de muy bajo grado de desarrollo (la laminar es típica de este horizonte).

HORIZONTES PRINCIPALES

- B. Horizonte de enriquecimiento en: arcilla , óxidos de Fe y Al o de materia orgánica , o también por enriquecimiento residual por lavado de los carbonatos (si estaban presentes en la roca). De colores pardos y rojos, de cromas (cantidad de color) más intensos más rojo que el material original (HOR C). Con desarrollo de estructura edáfica (típicamente en bloques angulares, subangulares, prismática).
- C. Material original. Sin desarrollo de estructura edáfica, ni rasgos edáficos. Blando, suelto, se puede cavar con una azada. Puede estar meteorizado pero nunca edafizado.
- R. Material original. Roca dura, coherente. No se puede cavar.

4. Perfil del suelo

El suelo está estructurado en distintas capas u horizontes con distintos aspecto y composición.

• **HORIZONTE A** (de lavado o lixiviación)

Color oscuro por la presencia de materia orgánica, rico en humus

Pobre en minerales solubles, arrastrados a niveles inferiores

En suelo bien desarrollados:

A₀: rico en humus bruto

A₁: Rico en humus elaborado

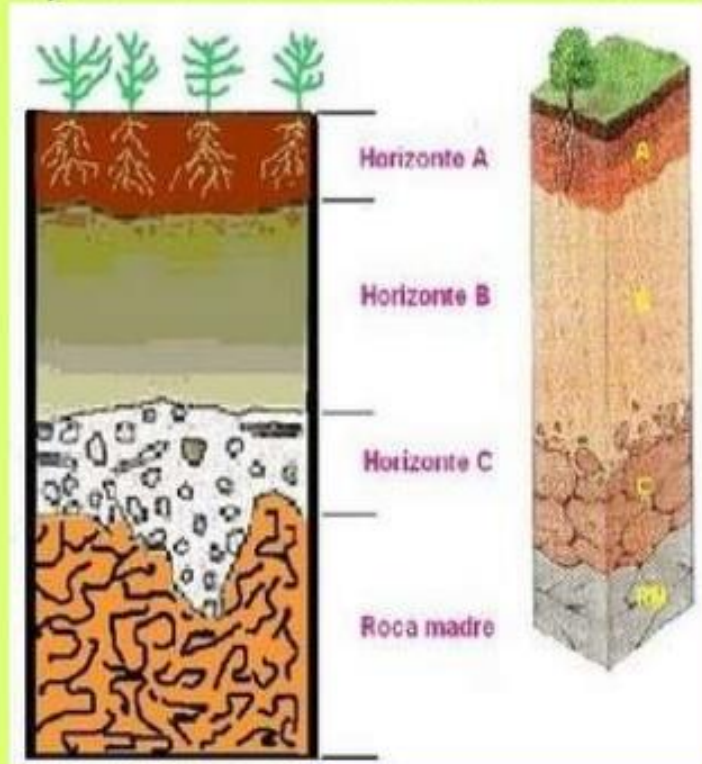
A₂: Predominan minerales sobre el humus

• **HORIZONTE B** (de precipitación):

Donde precipitan los minerales disueltos en el horizonte A

Tonos claros por la escasez de materia orgánica y la riqueza de sales minerales

Clima secos: precipitación intensa de minerales, formando una costra



COMPOSICIÓN DEL SUELO

- El suelo puede ser considerado como un sistema disperso en el que pueden diferenciarse tres fases:
 - Fase sólida: agregados minerales y orgánicos.
 - Fase líquida: agua de la solución del suelo.
 - Fase gaseosa: atmósfera del suelo contenida en el espacio poroso.
- En volumen, la fase sólida ocupa aproximadamente el 50% del total, mientras que las fases gaseosa y líquida se reparten el resto del espacio disponible

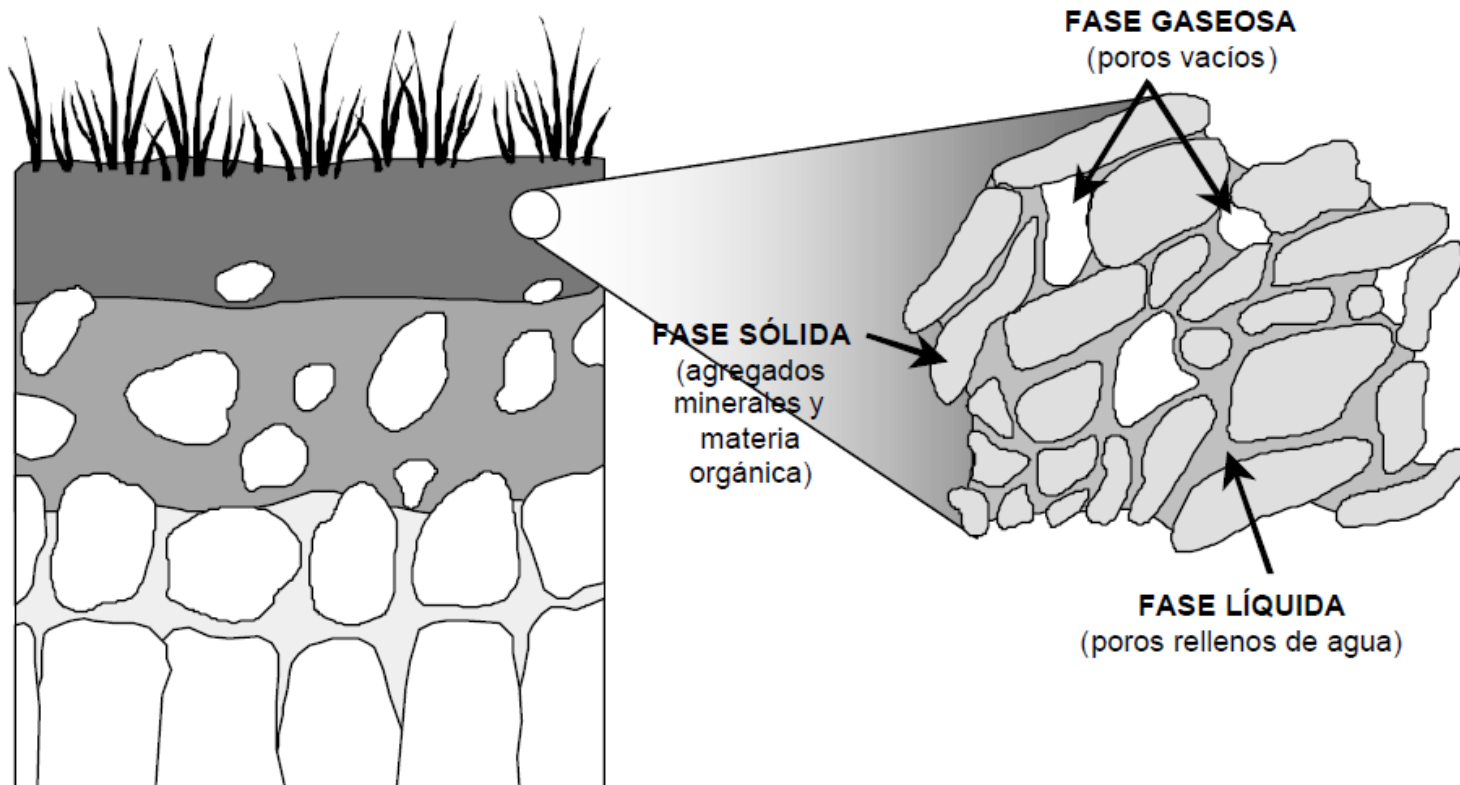


Figura 2-1. Esquema de las fases del suelo.

COMPOSICION DEL SUELO

- La disposición y acomodación de las partículas de la fase sólida del suelo determina una serie de características físicas del suelo, como:
 - Estructura.
 - Porosidad.
 - Permeabilidad.
 - Densidad.
- La fase sólida del suelo es la fuente de la mayoría de los nutrientes vegetales; es el almacén de agua requerida por las plantas y determina la eficiencia con que el suelo desempeña las funciones que permiten el desarrollo de las plantas.

LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

- Desde la antigüedad, los agricultores han reconocido el efecto beneficioso de la materia orgánica del suelo sobre los cultivos.
- No siempre se ha valorado suficientemente el papel de la materia orgánica en los suelos agrícolas, debido posiblemente al bajo contenido de estos componentes en estos suelos, muy inferior en comparación con los suelos forestales.
- También se ha considerado tradicionalmente que los fertilizantes pueden sustituir a la materia orgánica del suelo, lo cual es cierto sólo en parte.

LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

- El papel relevante de la materia orgánica se pone de manifiesto desde las etapas iniciales de la formación del suelo. La formación del suelo comienza cuando la vida vegetal y animal se instala en los primeros restos de descomposición del material original. Los restos de los seres vivos se incorporan al suelo tras su muerte.
- El relevante papel que ejercen sobre la fertilidad del suelo no se corresponde con la baja proporción en la que estos compuestos se encuentran en los suelos.

COMPONENTE ORGANICO DE LOS SUELOS

- La materia orgánica del suelo constituye un sistema complejo y heterogéneo, con una dinámica propia e integrado por diversos grupos de sustancias. La materia orgánica del suelo se compone de vegetales, animales y microorganismos vivos, sus restos, y las sustancias resultantes de su degradación físico-química.
- Normalmente representa del 1 al 6% en peso, aunque esta proporción puede ser muy variable dependiendo del momento del año, tanto en suelos agrícolas (por causa de la fenología del cultivo o la época de cosecha) como naturales (dependiendo en este caso de la presencia de especies caducifolias o perennes, por ejemplo).

COMPONENTE ORGANICO DE LOS SUELOS

- Es de gran importancia por su influencia en la estructura, en la capacidad de retención de agua y nutrientes, y en los efectos bioquímicos que causa sobre los vegetales.
- Una parte considerable de la materia orgánica está formada por microorganismos, que a su vez crecen a partir de restos, o de enmiendas orgánicas. Durante el proceso degradativo, la relación C/N disminuye, de modo que el contenido medio final en el humus está en torno al 5% de nitrógeno.
- El concepto de materia orgánica del suelo se usa generalmente para referirse a los componentes de origen orgánico del suelo, incluyendo los tejidos animales y vegetales, los productos de su descomposición parcial y la biomasa del suelo.

COMPONENTE ORGANICO DE LOS SUELOS

- La dinámica de este complejo sistema está determinada por:
- 1) El continuo aporte al suelo de restos orgánicos de origen vegetal y animal. Los compuestos orgánicos que son aportados al suelo según cualquiera de estas vías sufren en primer lugar una alteración mecánica, por acción de la fauna y los microorganismos del suelo.
- 2) Su continua transformación bajo la acción de factores de tipo biológico, físico y químico. Así, las moléculas orgánicas complejas (como proteínas o polisacáridos) son degradadas para obtener moléculas más sencillas (como aminoácidos u oligosacáridos). Algunos productos de esta degradación pueden sufrir la acción de procesos de reorganización por causa de los microorganismos del suelo.

COMPONENTE ORGANICO DE LOS SUELOS

La dinámica de este complejo sistema está determinada por:

1) El continuo aporte al suelo de restos orgánicos de origen vegetal y animal. Los compuestos orgánicos que son aportados al suelo según cualquiera de estas vías sufren en primer lugar una alteración mecánica, por acción de la fauna y los microorganismos del suelo.

2) Su continua transformación bajo la acción de factores de tipo biológico, físico y químico. Así, las moléculas orgánicas complejas (como proteínas o polisacáridos) son degradadas para obtener moléculas más sencillas (como aminoácidos u oligosacáridos). Algunos productos de esta degradación pueden sufrir la acción de procesos de reorganización por causa de los microorganismos del suelo.

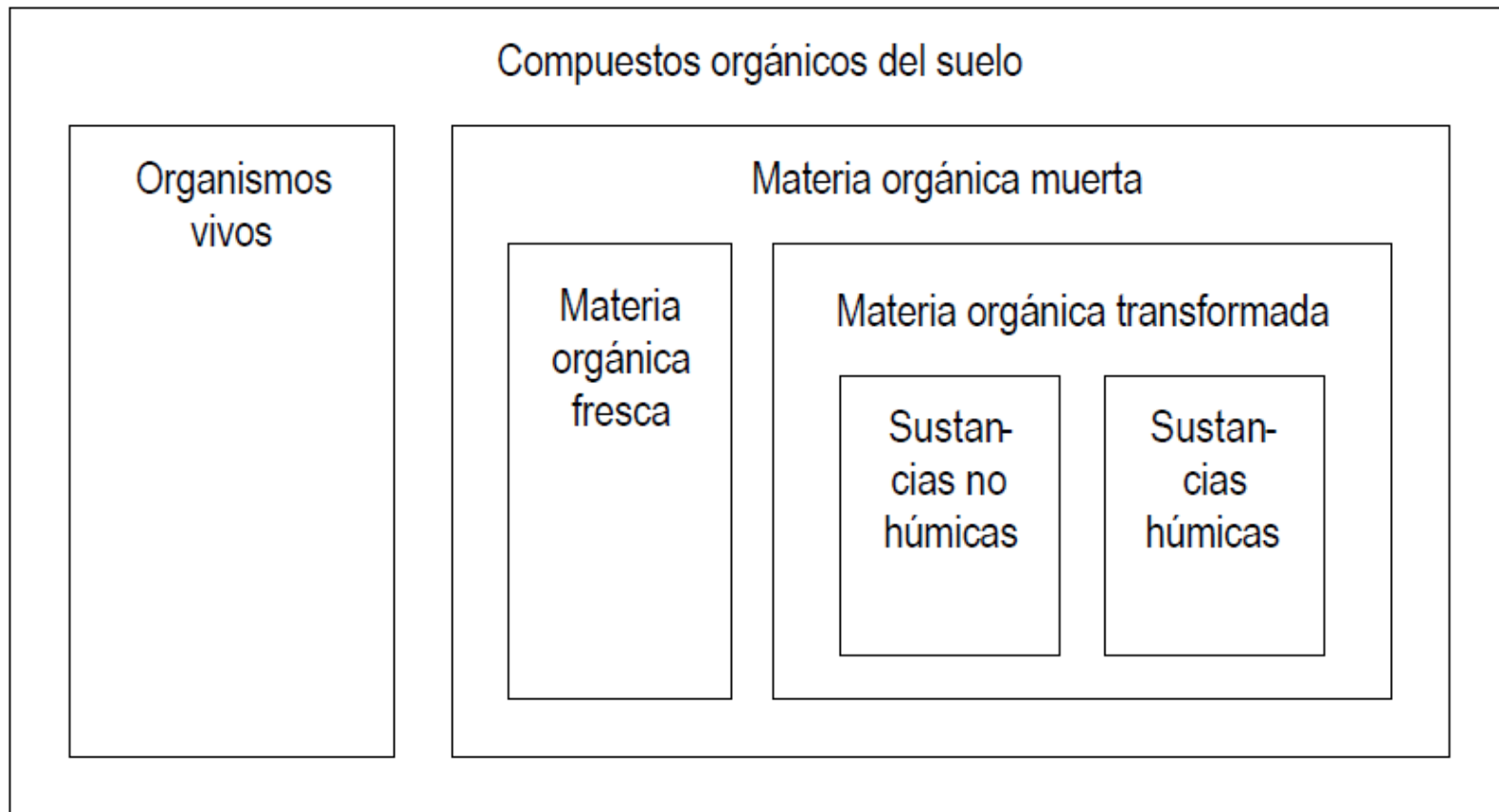


Figura 3-1. Composición de la materia orgánica del suelo.

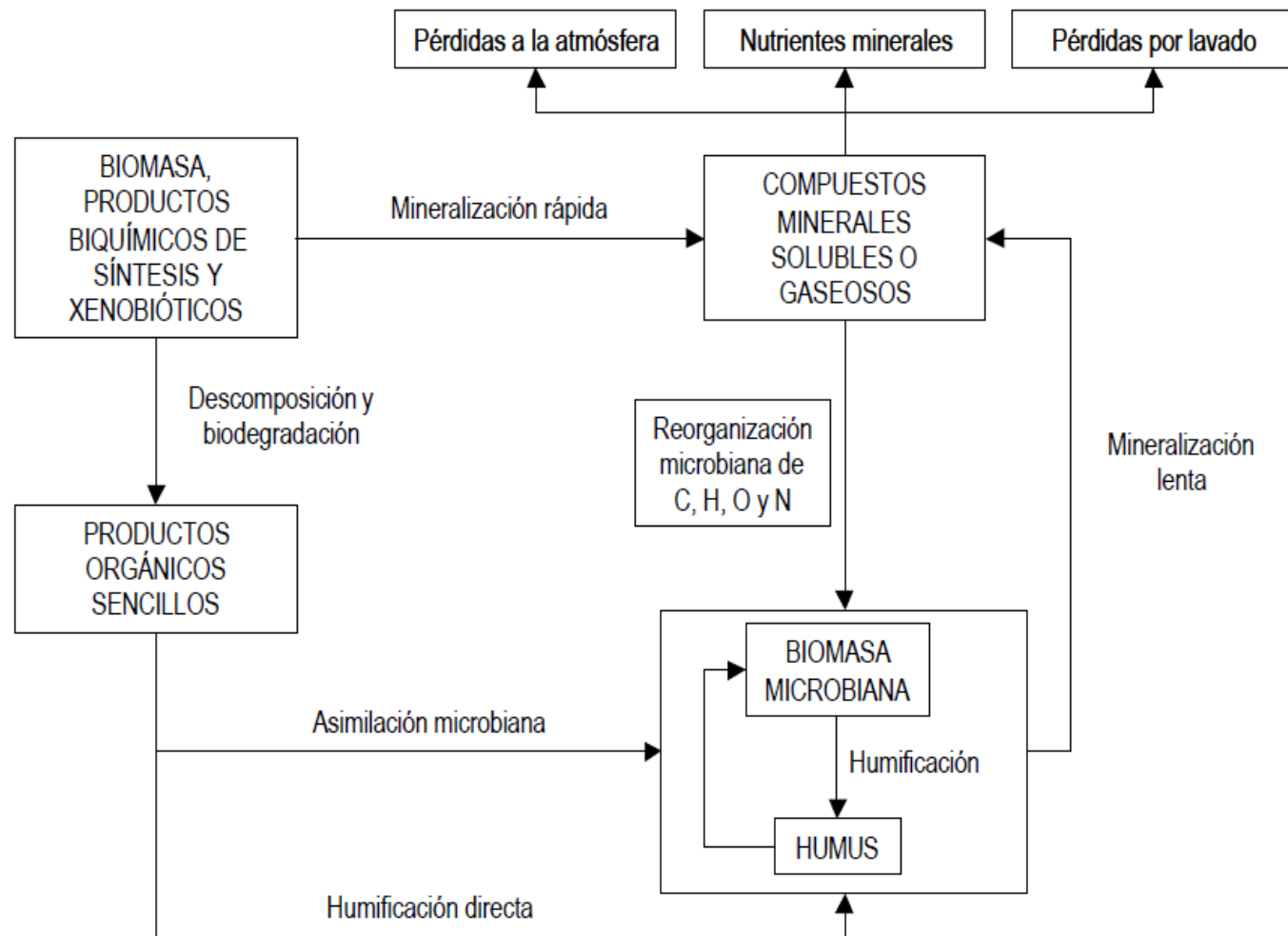


Figura 3-5. Proceso de transformación de la materia orgánica en el suelo.

LOS ORGANISMOS COMO FORMADORES DEL SUELO

- La actividad de los organismos que viven en el suelo condiciona el desarrollo de este, tanto desde un aspecto físico como químico. Por lo tanto, deben ser considerados como uno de los factores formadores del suelo.
- De este modo, puede esquematizarse la influencia de los organismos sobre el suelo de la siguiente manera:

LOS ORGANISMOS COMO FORMADORES DEL SUELO

1) Actividad mecánica.

- a) Los animales del suelo llevan a cabo la fragmentación de los residuos orgánicos. Este proceso facilita la alteración química posterior de los restos, y por lo tanto los procesos de mineralización y humificación.
- b) Bioturbación del material del suelo, lo que favorece la asociación de componentes orgánicos e inorgánicos.
- c) La actividad de los organismos afecta a la porosidad del suelo, ya sea aumentando el espacio poroso (mediante la creación de túneles y cámaras) o modificando la geometría de los poros del suelo (los túneles que fabrican determinados animales funcionan como canales menos tortuosos que los naturales y que facilitan el drenaje del suelo).

LOS ORGANISMOS COMO FORMADORES DEL SUELO

2) Actividad química. Los organismos del suelo participan activamente en el ciclo de la materia orgánica e inorgánica dentro del suelo:

- a)** Los organismos pueden secretar productos orgánicos activos que facilitan la alteración química de la roca.
- b)** La actividad enzimática de los organismos permite la degradación de los compuestos orgánicos a moléculas más sencillas
- c)** Los hongos y otros microorganismos llevan a cabo la mineralización de los componentes orgánicos, lo que permite la liberación de sales minerales asimilables por la planta.

LOS ORGANISMOS COMO FORMADORES DEL SUELO

- d) Síntesis y excreción de productos orgánicos en el suelo. Algunos compuestos, excretados por diversos tipos de seres vivos son sustancias que facilitan la agregación de las partículas del suelo.
- e) Fijación biológica de nitrógeno. El nitrógeno atmosférico puede ser fijado por los seres vivos como *Azotobacter* o *Clostridium*, o mediante simbiosis entre las plantas leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium*.
- f) Los organismos del suelo intervienen en el ciclo de numerosos elementos en el suelo. Algunos de estos elementos son el C, N, S, P, Ca, Fe, Mn, etc.

CONCEPTO DE TEXTURA

- La textura hace referencia a la composición granulométrica de la fracción inorgánica del suelo.
- El conocimiento de la composición granulométrica del suelo es importante para cualquier estudio, ya sea desde el punto de vista genético o aplicado.

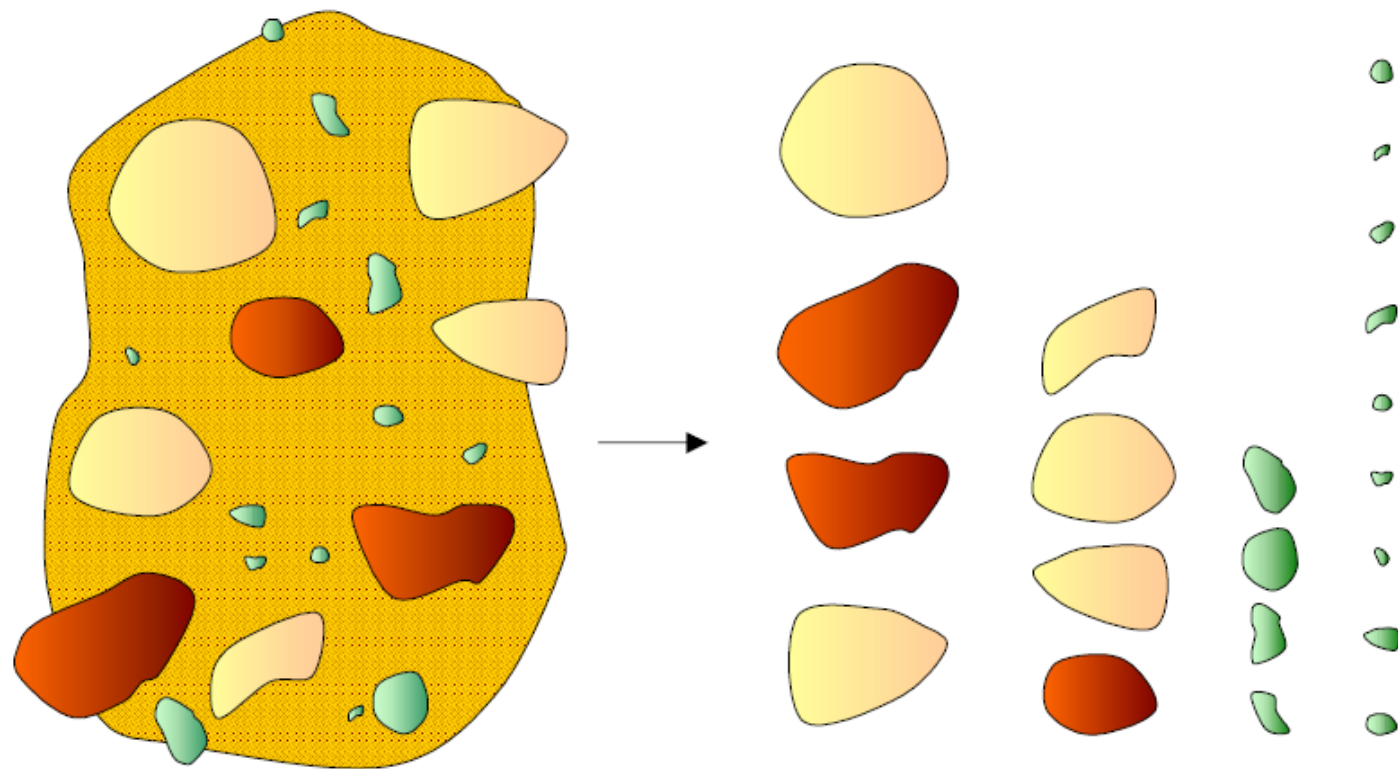


Figura 5-1. El suelo está compuesto por partículas de diferente tamaño.

TEXTURA

- El tamaño de las partículas del suelo afecta tanto a su superficie interna como al número y tamaño de los poros.
- Cuanto menor es el tamaño de partícula, mayor es la superficie interna del suelo; es decir: mayor es la suma de la superficie de las partículas del suelo.
- Por otra parte, y de manera general, un menor tamaño de partícula disminuye el tamaño de los poros del suelo, de manera que partículas más pequeñas originan suelos con poros más escasos y pequeños

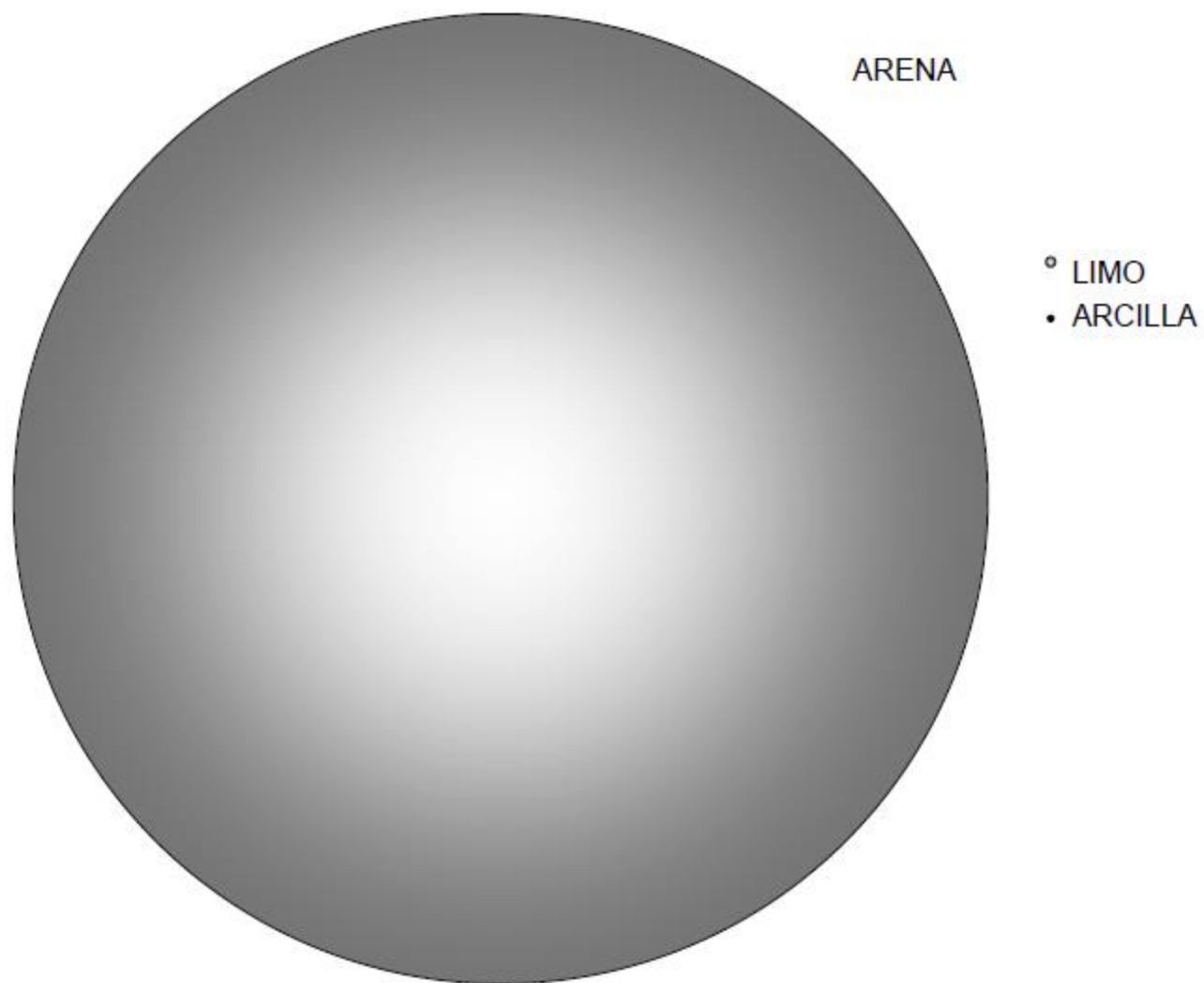


Figura 5-2. Tamaño relativo de las partículas del suelo.

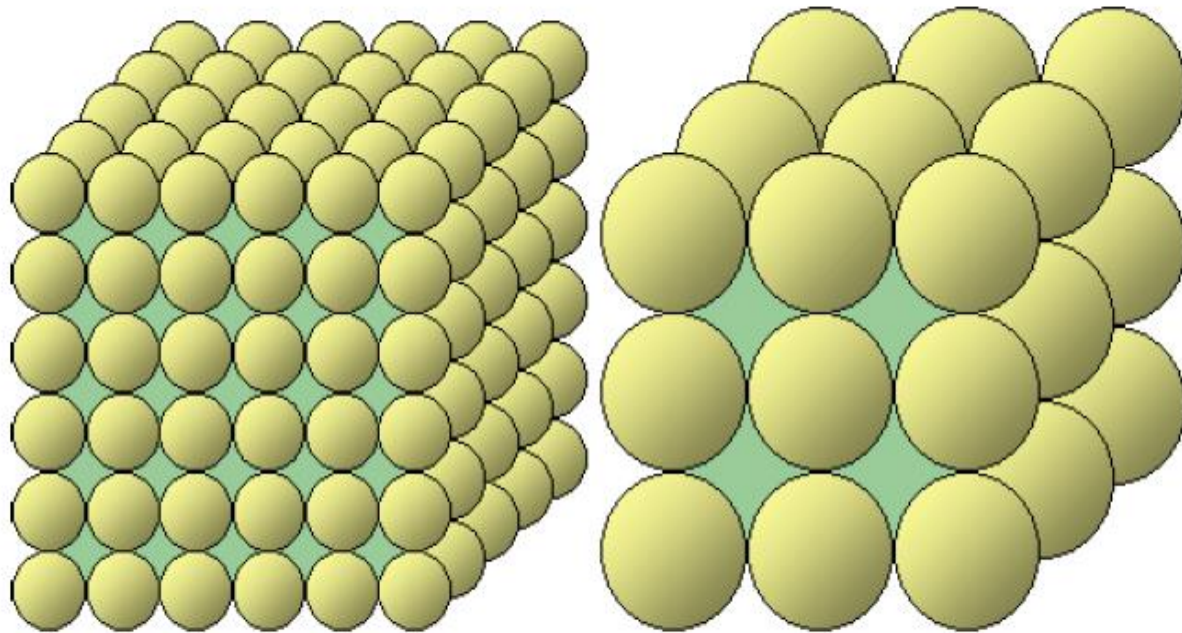


Figura 5-4. El tamaño de las partículas del suelo afecta al tamaño de los poros. En el caso de la izquierda, las partículas son pequeñas y los poros entre ellas también. En el caso de la derecha, las partículas y los poros entre ellas son más grandes.

CLASE TEXTURAL

- Los suelos están formados generalmente por más de una clase textural. Las tres fracciones suelen estar presentes en mayor o menor proporción. El porcentaje de cada una de esas fracciones es lo que se llama textura del suelo.
- Las partículas del suelo pueden dividirse según su tamaño:
- 1. Gravas y piedras. Son partículas minerales sólidas, de diámetro comprendido entre 2 mm y 7 cm (gravas) o mayor (piedras). Cuando son muy abundantes, pueden afectar a las propiedades del suelo y dificultar su manejo.

CLASE TEXTURAL

- 2. Tierra fina. Esta fracción incluye las partículas menores de 2 mm de diámetro.
 - a. **Arena.** Son partículas minerales sólidas de tamaño comprendido entre 2 mm y 0.02 mm. La arena es la fracción más grande del suelo, compuesta principalmente por granos de cuarzo más o menos meteorizados. La arena no tiene capacidad de agregación, de modo que sus partículas no se unen entre sí y aparecen de manera individualizada. Debido a que una gran proporción de arena en el suelo origina poros numerosos y relativamente grandes. Los principales minerales que constituyen la arena son el cuarzo, los feldespatos, las micas, etc. Son visibles y se pueden observar individualmente. Tienen una relación superficie/volumen muy baja (aprox. 3). Su capacidad de intercambio catiónico es baja. Su principal función es la composición de la matriz del suelo.

CLASE TEXTURAL

b. El limo es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002 mm. El limo está constituido por partículas de tamaño mediofino, como el talco. Su composición química es semejante a la de la arena. Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción y su relación superficie/volumen es baja ($300 - 3000\text{m}^{-1}$). Su capacidad de intercambio catiónico es baja.

c. La arcilla es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo provienen del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla proviene de la alteración química del material original. Por lo tanto, se diferencia mineralógicamente de las anteriores fracciones por estar compuesta por minerales originados por la meteorización, que no se encuentran en las rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a $2\text{ }\mu\text{m}$ y poseen unas propiedades físicas y químicas especiales. Su relación superficie/volumen es superior a 3000 m^{-1} .

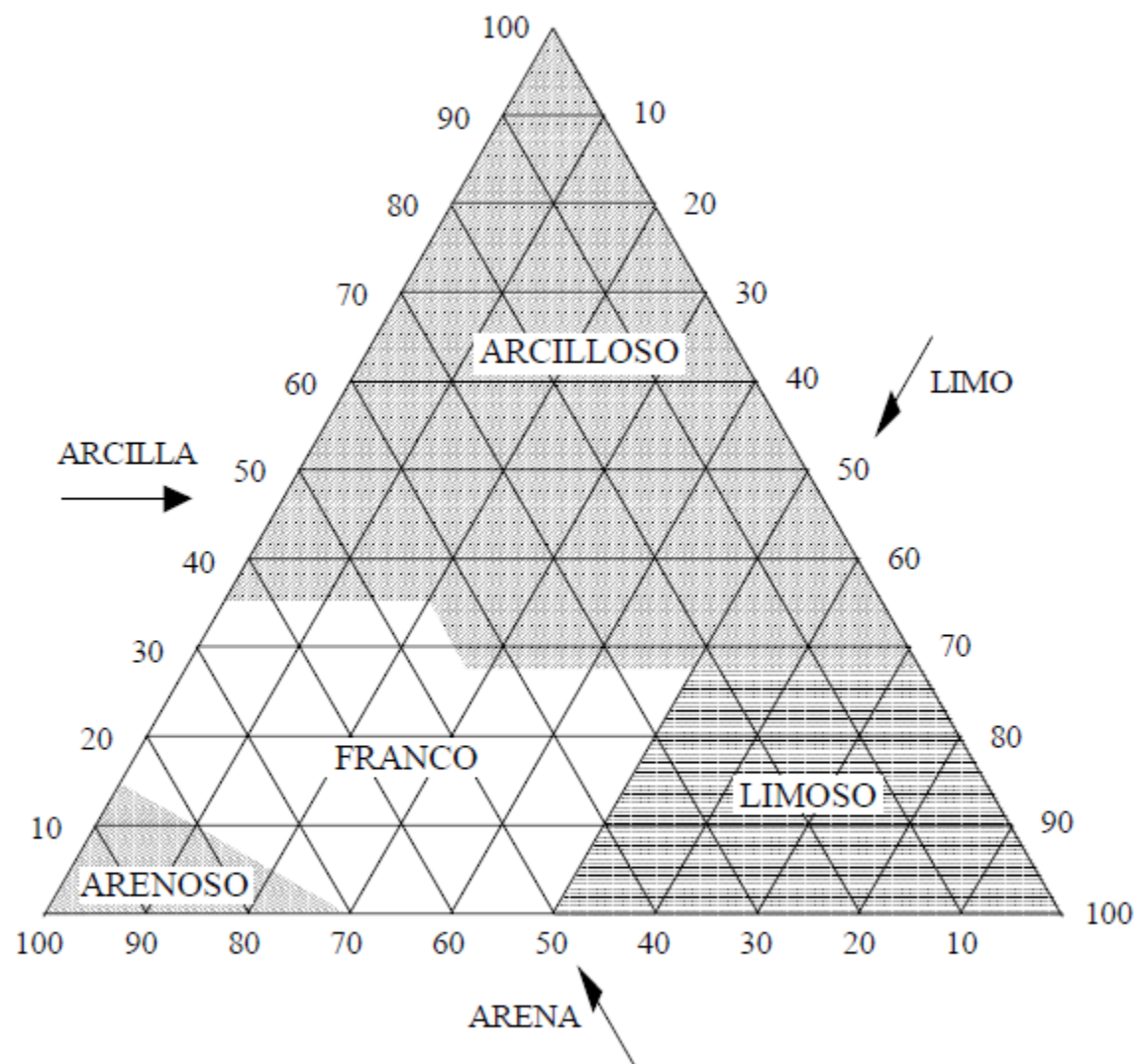


Figura 5-5. Triángulo de las texturas del suelo.

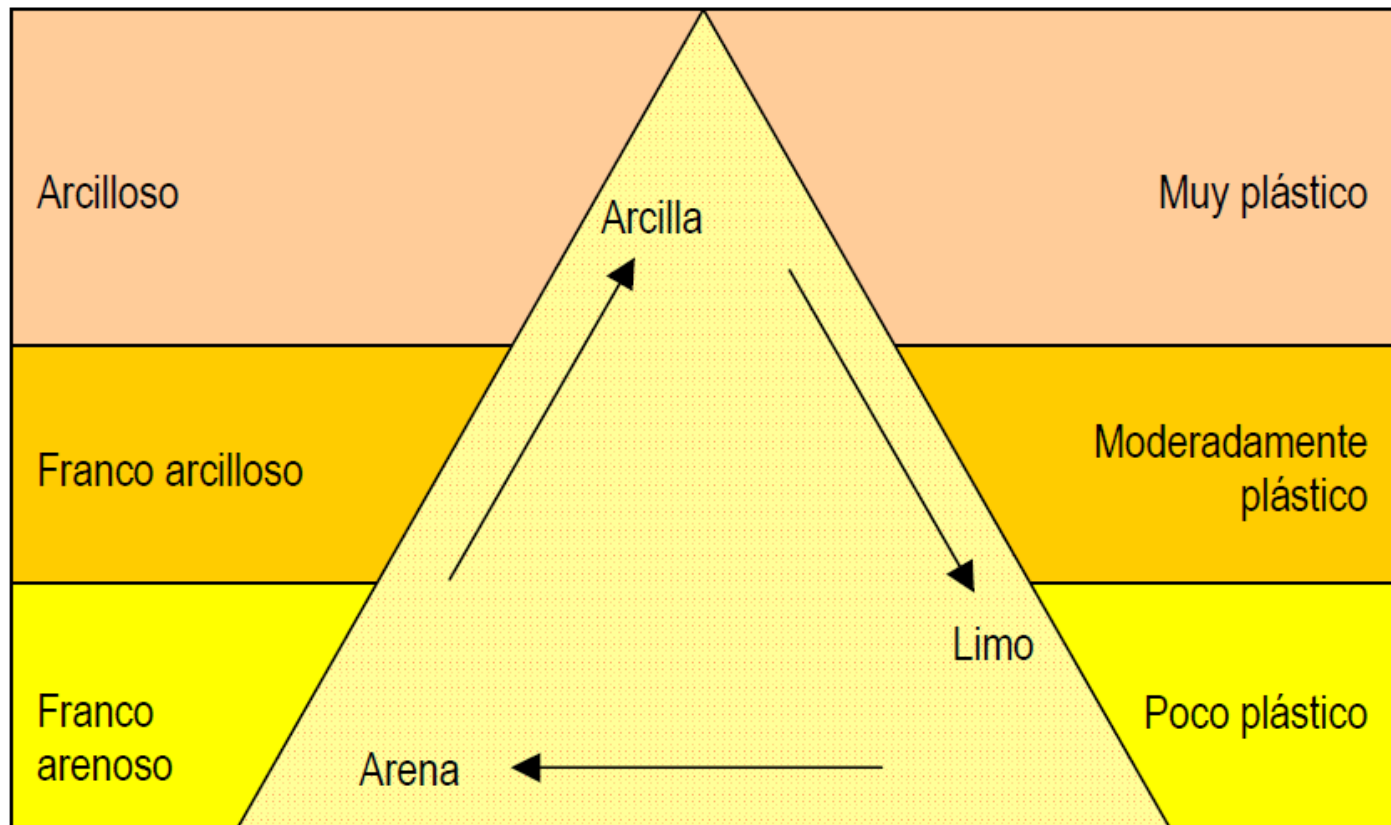


Figura 5-6. Influencia de la textura sobre la plasticidad del suelo.

Tabla 5-2. Interpretación de la textura al tacto.

<i>Textura</i>	<i>Filamentos de 3 mm</i>		<i>Filamentos de 1 mm</i>	
	Se puede hacer	Se puede doblar	Se puede hacer	Se puede doblar
Arenosa.	No	No	No	No
Areno-limosa	Sí	No	No	No
Limo-arenosa	Sí	Se resquebraja	No	No
Franca	Sí	No	Sí	No
Limo-arcillosa	Sí	Sí	Sí	No
Arcillosa	Sí	Sí	Sí	Sí

ESTRUCTURA DEL SUELO

- La estructura puede definirse de manera simple como la disposición espacial de las partículas del suelo.
- Según la definición aceptada por el USDA (1951), **estructura** es la agregación de partículas primarias de un suelo en partículas compuestas o grupos de partículas primarias separadas de los agregados adyacentes por superficies de debilidad.
- De este modo, suelos que presenten valores semejantes de textura, pueden presentar propiedades físicas muy distintas, según el tipo de estructura que se halle presente.

TIPOS DE ESTRUCTURA

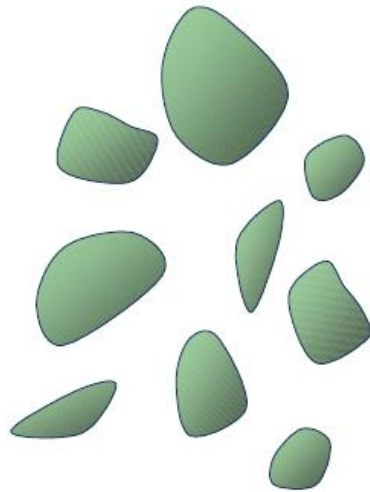
- De un modo simple, los tipos de estructura que existen en el suelo pueden clasificarse en función de la presencia de partículas coloidales en el suelo y su interacción con las partículas de fracciones más gruesas.

1) Si los coloides son escasos y predominan las fracciones más gruesas, sin capacidad de agregación, la estructura es particular de grano suelto.

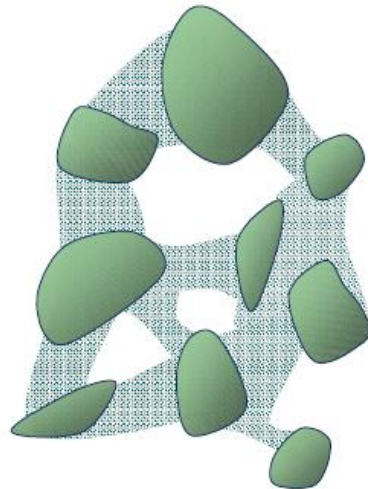
TIPOS DE ESTRUCTURA

2) Si la presencia de coloides es más elevada y se encuentran floculados, actúan como aglomerantes de las partículas más gruesas, formando grumos. En este tipo de estructura grumosa, los agregados son relativamente porosos, favoreciendo la aireación y la permeabilidad del suelo.

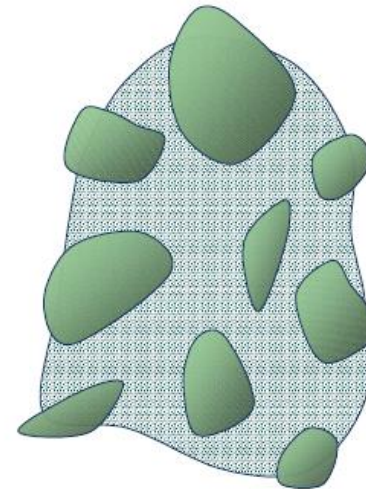
3) Si la presencia de partículas coloidales es muy importante, la estructura se vuelve asfixiante, debido a la disminución del volumen de poros, lo que disminuye la aireación y el drenaje. En la estación seca, la estructura se vuelve masiva y, si existen arcillas hinchables, aparecen grietas de retracción.



Estructura particular de
granos sueltos



Estructura grumosa



Estructura
asfixiante/masiva

Figura 6-3. Influencia de la presencia de coloides sobre la estructura (a partir de Gandullo, 1994).

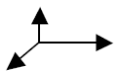
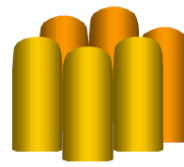
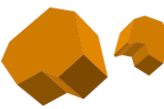
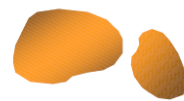
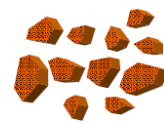
	 LAMINAR Característica de materiales depositados por el agua (como ocurre en llanuras de inundación). Está originada por el impacto de las gotas de lluvia sobre las costras superficiales. Impide la penetración de las raíces, así como el intercambio de aire entre suelo y atmósfera o la infiltración del agua.	
	 PRISMÁTICA Característica de horizontes enriquecidos en arcilla (Bt). Las superficies de debilidad coinciden con las grietas de retracción que se producen tras la desecación. Los agregados son muy duros y las raíces tienen una gran dificultad para penetrar en ellos.	 COLUMNAR Prismas con su parte superior redondeada. Es una estructura típica de horizontes arcillosos enriquecidos en sales (Bt_{na}), muy rara en España, salvo en zonas concretas.
	 POLIÉDRICA ANGULAR Agregados poliédricos, con superficies planas de aristas marcadas y con vértices patentes. Las caras del agregado se ajustan muy bien a las de agregados vecinos. Es una estructura típica de horizontes cámbicos (Bw).	 POLIÉDRICA SUBANGULAR Agregados poliédricos con superficies no muy planas, con aristas romas y sin vértices. Las caras del agregado se ajustan poco a las de los agregados vecinos. Es un tipo de estructura frecuente en horizontes A ócricos y horizontes cámbicos (Bw) o cálcicos de suelos áridos o semiáridos.
	 GRANULAR Agregados poco porosos, con poros distribuidos no homogéneamente por su superficie, que no se ajustan a los agregados vecinos. Estructura propia de medios biológicamente activos, ricos en bases y con materia orgánica. Típica de horizontes superficiales.	 MIGAJOSA Agregados porosos, con los poros distribuidos de manera homogénea por su superficie, que no se ajustan a los agregados vecinos. Es característica de horizontes ricos en materia orgánica bien humificada. Típica de horizontes superficiales.

Figura 6-4. Tipos de estructura según la forma de los agregados.

Tabla 6-1. Efectos de la estructura sobre las propiedades del suelo.

Propiedad afectada	Efectos positivos
Características de la superficie del suelo	• Una buena estructura evita el sellado del suelo y la posterior formación de costras superficiales. • Facilita la emergencia de las plántulas. • Facilita la infiltración del agua.
Infiltración de agua en el suelo	El aumento de la infiltración: • Disminuye la escorrentía y, con ello, la erosión hídrica del suelo. • Aumenta las reservas de agua en el suelo.
Espacio poroso	Un horizonte bien estructurado: • Permite una buena circulación de agua, aire y nutrientes. • Posee una conductividad hidráulica elevada. • Favorece el desarrollo y la actividad de los microorganismos aerobios. • Favorece la actividad de la fauna del suelo, lo que mejora la estructura. • Facilita la penetración de las raíces.
Compacidad	La baja compacidad del suelo: • Favorece el laboreo. • Disminuye la densidad aparente. • Favorece el crecimiento de las raíces.
Riesgo de erosión	Un suelo bien estructurado es más resistente a la erosión que las partículas sueltas de arena, limo y arcilla y la materia orgánica.

FASE GASEOSA DEL SUELO

- La fase gaseosa se localiza en los poros del suelo, junta a la fase líquida. La proporción de volumen ocupado por las fases gaseosa y líquida en un suelo determinado varía en función de las condiciones ambientales, de modo que el contenido de los poros varía según la época del año o el momento del día.
- Como promedio, la fase gaseosa ocupa aproximadamente un 25 % del volumen del suelo. Una proporción inferior al 10 % se considera perjudicial.

FASE GASEOSA DEL SUELO

- La atmósfera del suelo permite la respiración de los organismos del suelo y de las raíces de las plantas. También ejerce un papel de primer orden en los procesos de oxidoreducción que tienen lugar en el suelo.
- La composición de la fase gaseosa del suelo es similar a la de la atmósfera, pero es mucho más variable
- En los períodos de mayor actividad biológica (primavera y otoño), la actividad respiratoria de los seres vivos incrementa la proporción de CO_2 y disminuye la proporción de O_2 .

FASE GASEOSA

- Esto ocasiona la principal diferencia cuantitativa entre la composición de la atmósfera terrestre y la del suelo. El oxígeno es esencial para los procesos aerobios que tienen lugar en el suelo. Por esta razón es importante mantener los suelos cultivados con un buen nivel de aireación.
- El nitrógeno se encuentra en una elevada proporción en la fase gaseosa del suelo. Sin embargo, no puede ser asimilado directamente por las plantas.

Tabla 9-1. Composición de la atmósfera y la fase gaseosa del suelo.

Componente	Atmósfera	Fase gaseosa del suelo
O ₂	21 %	10 – 20 %
N ₂	78 %	78 – 80 %
CO ₂	0.03 %	0.2 – 3 %
H ₂ O	Variable	En saturación

FASE GASEOSA

- La textura y la estructura del suelo condicionan la porosidad. La porosidad del suelo es importante en la regulación de la aireación y la dinámica del agua en el suelo.
- El volumen de poros del suelo puede expresarse como un porcentaje del volumen total de huecos. A su vez, este espacio puede dividirse en dos compartimentos:

FASE GASEOSA

1) Capacidad de campo. Es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de la gravedad. Este valor depende, obviamente del número, tamaño, distribución y forma de los poros.

2) Capacidad de aire. Es el volumen total de aire que existe en el suelo cuando la humedad coincide con la capacidad de campo. La capacidad de aire en los suelos arenosos se sitúa en torno al 30% del volumen poroso. En los suelos arcillosos, sin embargo, puede llegar a representar tan sólo el 5%, lo que resulta insuficiente para la mayoría de los cultivos.

Tabla 9-2. Clasificación y propiedades de los poros del suelo en función de su tamaño.

Diámetro de poro	Tipo	Propiedades
$> 30 \mu\text{m}$	Macroporos	Permiten el movimiento libre de fluidos. El agua de lluvia se pierde por gravedad fácilmente y no puede ser aprovechada por las plantas.
$30 - 10 \mu\text{m}$	Mesoporos	Retienen el agua que pueden utilizar las plantas (agua útil).
$10 - 0,2 \mu\text{m}$	Microporos	Retienen el agua con mucha fuerza, de manera que no puede ser utilizada por las plantas.

FASE LIQUIDA DEL SUELO

- El agua del suelo transporta en disolución nutrientes, sales solubles, compuestos orgánicos solubles y contaminantes, así como materia en suspensión, y permite su absorción por las raíces.
- Desde el punto de vista de la fertilidad física, la humedad del suelo controla su consistencia, penetrabilidad por las raíces, temperatura, etc. De esta forma, el adecuado manejo de suelo requiere un conocimiento de la dinámica del agua en el suelo.
- Además, el agua condiciona la mayoría de los procesos de formación del suelo.

FASE LIQUIDA DEL SUELO

- El agua del suelo puede provenir de distintas fuentes:

1. Agua de precipitación. Constituye la mayor parte del agua aportada en la mayoría de los sistemas. Su aporte puede ser continuo o concentrarse en determinadas estaciones.

2. Agua freática, de origen subterráneo.

3. Nieblas, humedad atmosférica. Consiste en un aporte muy débil, pero que en algunos casos constituye la única aportación de agua durante la época seca.

FASE LIQUIDA DEL SUELO

Una vez en el suelo, el agua de lluvia puede seguir distintas vías :

1. Agua de escorrentía. Circula sobre y a través de los horizontes superiores, de manera paralela a la superficie del suelo. La escorrentía se forma tras el inicio de la lluvia sobre la superficie del suelo cuando existe una cierta pendiente, aunque sea muy baja. Para que se forme la escorrentía es necesario que el agua precipitada en un intervalo de tiempo determinado sea superior a la cantidad que el suelo puede absorber, bien por causa de sus características físicas, o bien porque se halle ya saturado por agua.

FASE LIQUIDA DEL SUELO

2. Agua gravitacional. Es el agua que se infiltra por efecto de la fuerza de la gravedad a través de los macroporos y mesoporos del suelo (poros superiores a $10\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro). Circula en sentido vertical u oblicuo (si existe cierta pendiente). Cuando la permeabilidad de los horizontes inferiores del suelo es muy baja, el agua gravitacional puede acumularse formando una capa de agua “suspendida” o “colgada” de carácter temporal.

Existen dos tipos de agua gravitacional:

- a. **Agua gravitacional de flujo rápido.** Circula a través de los poros de diámetro superior a $50\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro durante las primeras horas después de la lluvia.
- b. **Agua gravitacional de flujo lento.** Circula durante varias semanas después de la lluvia a través de los poros de diámetro comprendido entre 50 y $10\text{ }\mu\text{m}$.

FASE LIQUIDA DEL SUELO

3. Agua retenida. Es el agua que ocupa los mesoporos y microporos del suelo, donde las fuerzas capilares ascendentes son más fuertes que la gravedad.

a. Agua capilar. Es el agua retenida en los mesoporos, y que es utilizable por las plantas.

b. Agua higroscópica. Es el agua que queda retenida en los microporos, formando una película muy fina que recubre la pared de las partículas del suelo. Está tan fuertemente retenida que no es absorbible por las raíces.

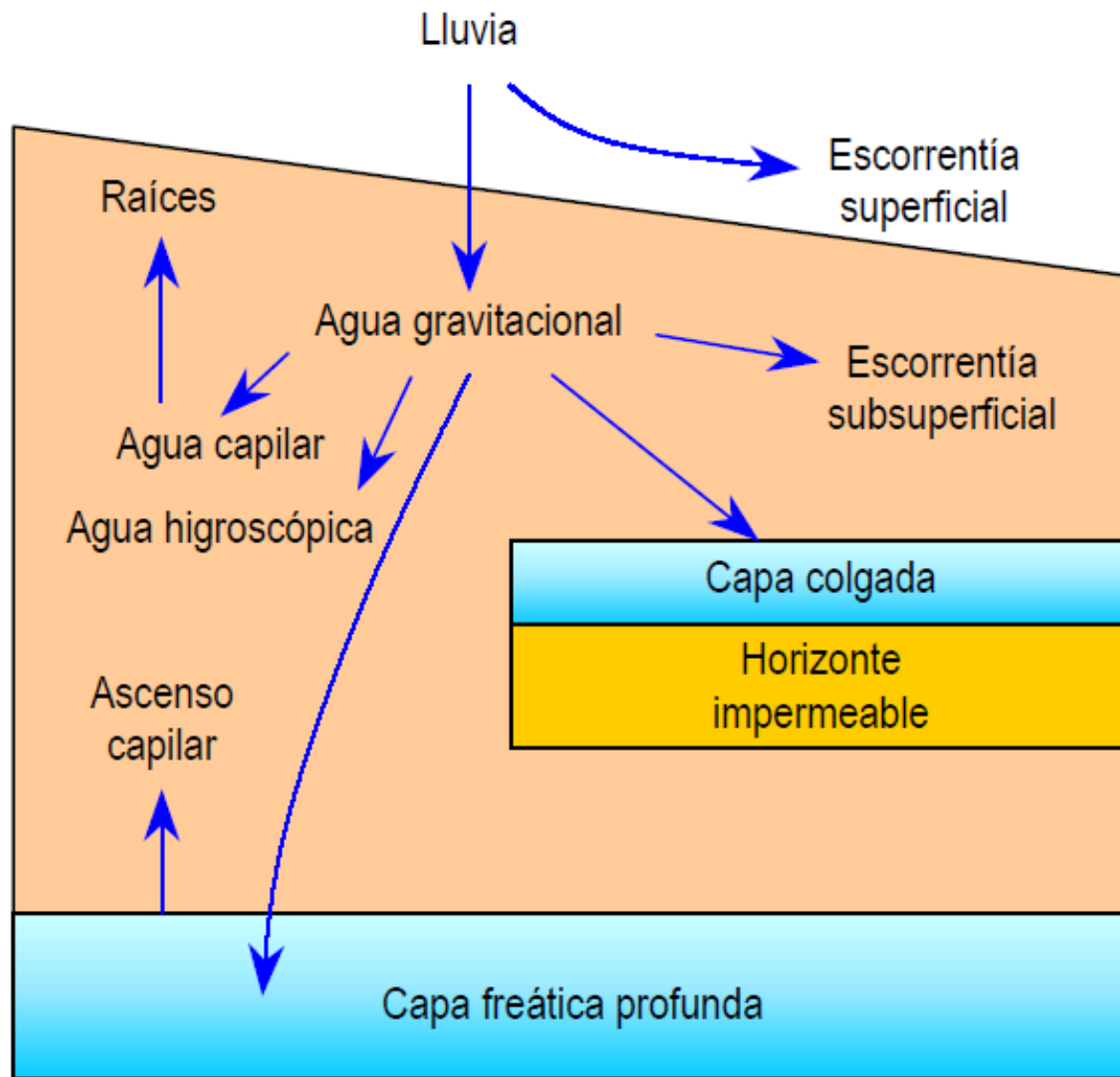


Figura 10-1. Distribución del agua de lluvia en el suelo.

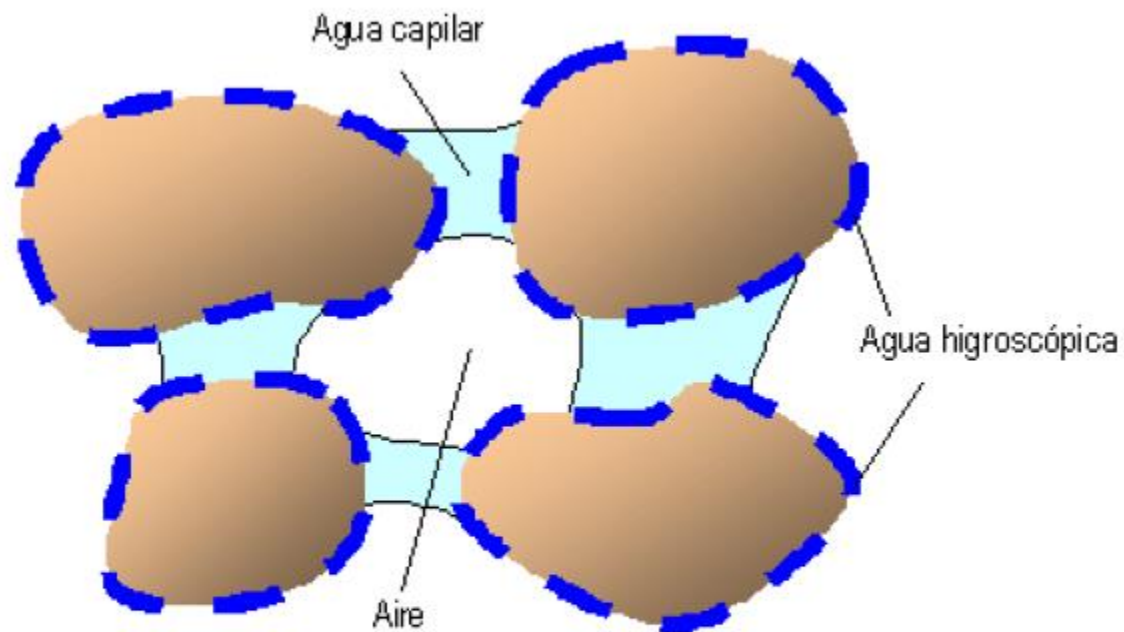


Figura 10-2. Agua capilar y agua higroscópica.

Tabla 10-1. Concentración de distintos elementos en el suelo.

Elemento	Concentración (kg/ha)
Ca^{2+}	0.5 – 38
Mg^{2+}	0.7 – 100
K^{+}	0.2 – 10
Na^{+}	0.4 – 150
N	0.16 – 55
P	<0.001 – 1
S^{-}	<0.1 – 150
Cl^{-}	0.2 – 230

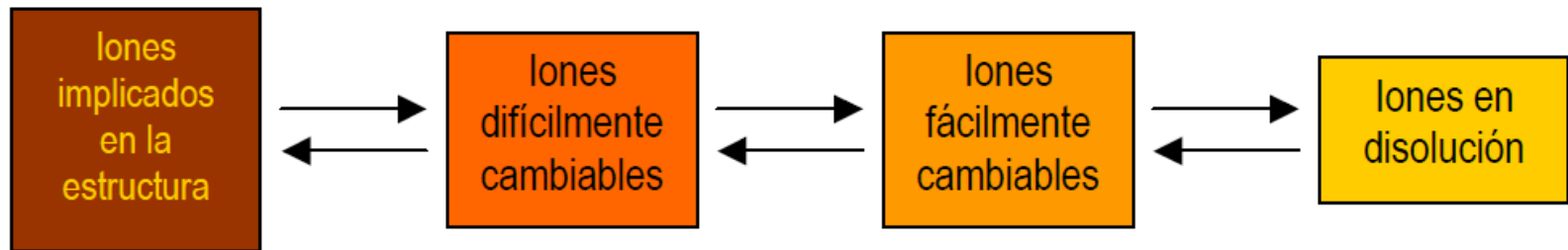


Figura 10-3. Fases del intercambio entre la fase sólida y la fase líquida del suelo.

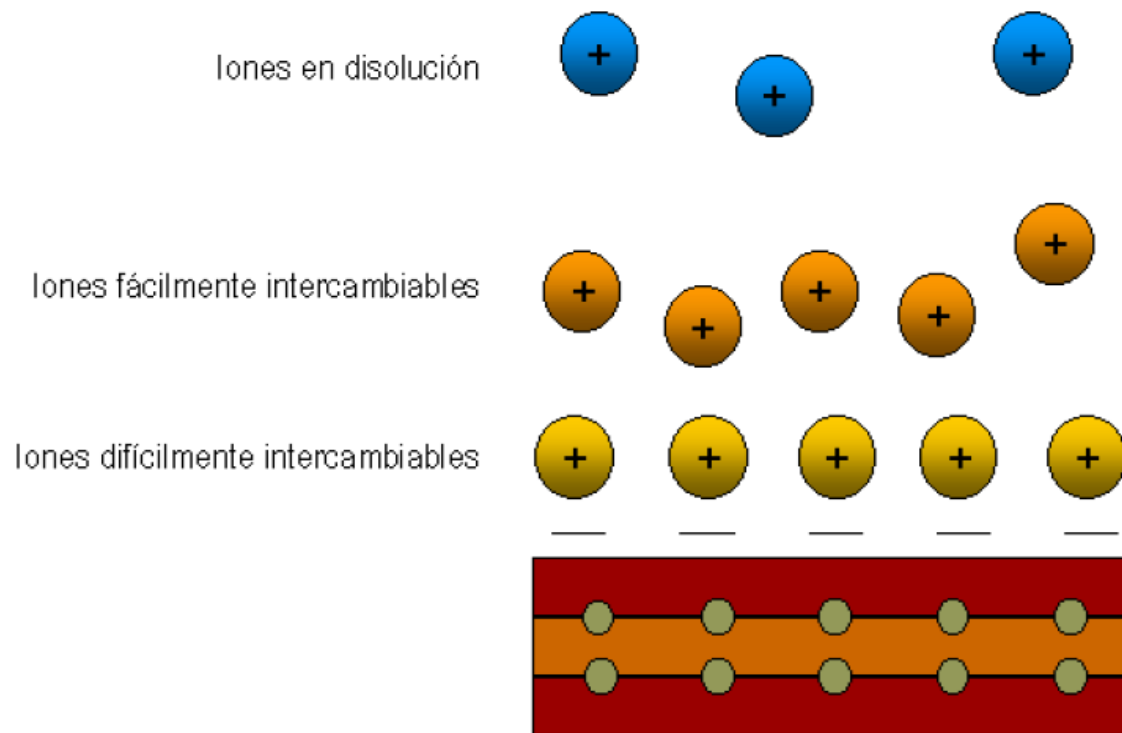


Figura 10-4. Disponibilidad de los iones no estructurales asociados a la arcilla.

CONCEPTO DE PH DEL SUELO

- El suelo puede clasificarse según el valor de su pH según la reacción del suelo a su grado de acidez o basicidad, y generalmente se expresa por medio del pH.
- El pH del suelo afecta a diversas propiedades físicas , químicas y biológicas:
 - 1) Propiedades físicas:
 - 2) Propiedades químicas:
 - 3) Propiedades biológicas afectadas:

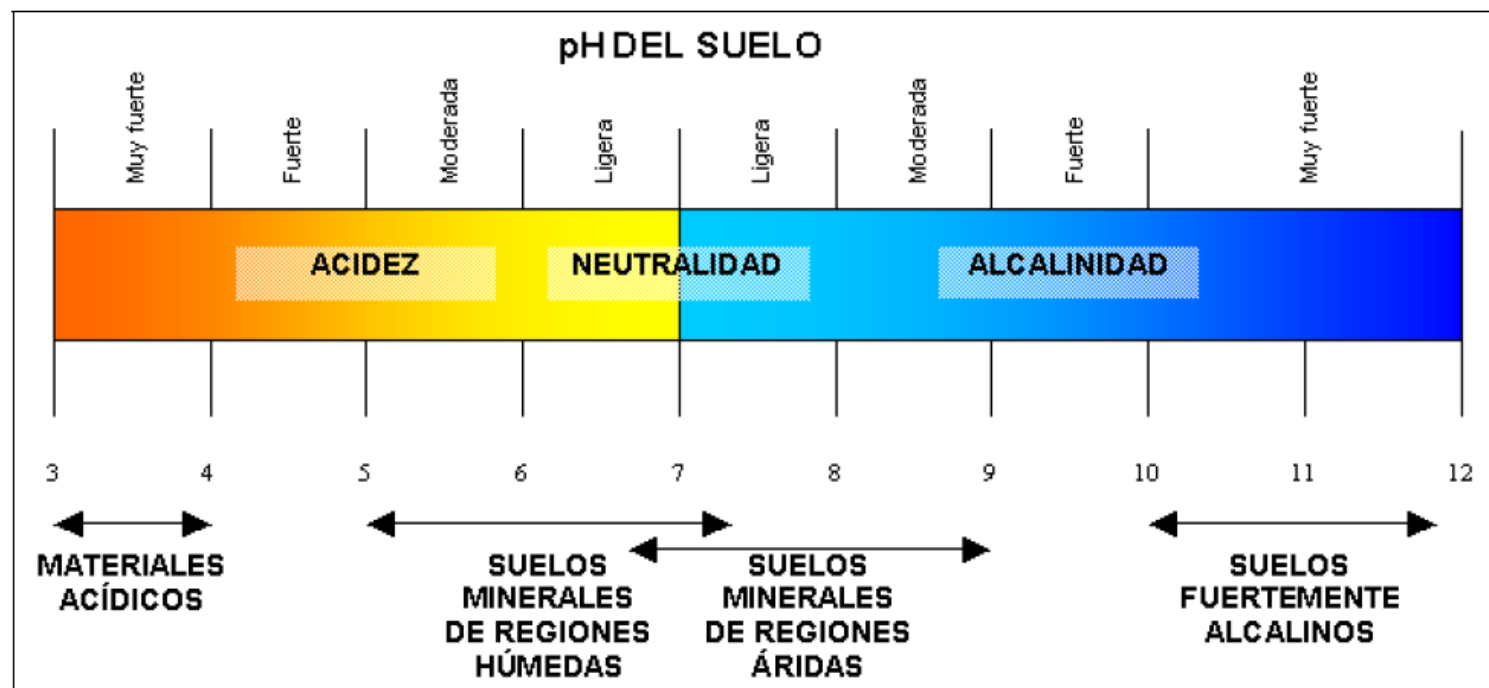


Figura 12-1. Escala de pH del suelo.