

# TEMA 12<sup>o</sup>

## Características físicas del suelo

# Introducción

- **SUELO** = parte más superficial de la corteza terrestre, donde se desarrollan las raíces de las plantas.

## ¿ como es ?

- no es un medio inerte y estable ==> resultado
  - actuaciones del clima
  - de los seres vivos sobre la superficie terrestre a lo largo del tiempo
- lo consideramos como un medio muy complejo, en permanente evolución.
- 
- Su formación se hace bajo la conjunción de dos fracciones
  - mineral (\*)
  - orgánica (\*\*)

(\*) procede de las rocas, que se alteran bajo la acción de agentes físicos, químicos, y biológicos.

# Introducción

(\*\*) procede de materiales de origen vegetal y animal que se acumulan en el suelo, sobre los que actúan unos microorganismos que los descomponen y transforman otras sustancias: compuestos minerales (agua, dióxido de carbono, etc.) y un compuesto orgánico, el humus, de trascendental importancia en los suelos agrícolas ==> retiene elementos nutritivos.

- La fertilidad del suelo es su capacidad para suministrar elementos nutritivos a las plantas.

la cantidad de elementos nutritivos disponibles inmediatamente

la capacidad depende

de la capacidad del suelo para almacenarlos y ponerlos a disposición de las plantas cuando los necesitan.

**¿ papel del humus ?**

papel primordial en la capacidad del suelo para retener temporalmente elementos nutritivos.

# Introducción

La fertilidad del suelo se mantiene cuando la salida de elementos nutritivos (exportaciones) es compensada por la entrada de los mismos (aportaciones)  
=====> mantener la fertilidad del suelo

Si las exportaciones son  $>$  a las aportaciones ===> fertilidad del suelo  $\downarrow$

## ¿ que sucedía en tiempos pasados ?

la fertilidad del suelo se mantenía con las restituciones, tales como: estiércol, residuos de cosecha, etc. y era posible porque los sistemas agropecuarios (a nivel comarcal) eran sistemas cerrados, en donde las exportaciones se compensaban con las aportaciones.

## ¿ que sucedía cuando los sistemas no eran cerrados ?

como en el caso de abastecimiento de productos a las ciudades, en donde los residuos no volvían al lugar de origen de los productos ==> pérdida de fertilidad del suelo.



# Introducción

## ¿ Ejemplo ?

- los navíos que llevaban a Roma el trigo de Sicilia transportaban los elementos nutritivos del suelo de la isla, y esos elementos se perdían en las alcantarillas de Roma ==> que Sicilia, que fue el granero de Roma, se convirtió en una de las islas más pobres del Mediterráneo.

## ¿ que sucedió a mediados del siglo XIX ?

- el químico alemán J. Liebig introdujo el uso de fertilizantes químicos para restituir los nutrientes exportados fuera de los sistemas agrarios ==> conservación de la fertilidad de los suelos.

## ¿ que sucedía en España hasta 1960 ?

- las restituciones se hacían fundamentalmente con estiércol y residuos y, en menor proporción, con fertilizantes químicos ==> agricultura tradicional
- Esta agricultura tradicional ha dado -----> agricultura convencional practicada en los países desarrollados

# Introducción

## ¿ en que se basa ?

- en que la restitución de elementos nutritivos al suelo se hace casi exclusivamente con la aportación de fertilizantes químicos, descuidando el papel primordial que desempeña la materia orgánica en la fertilidad del suelo.

## Características de la agricultura convencional:

- ↓ % de explotaciones mixtas de tierra y ganado =====> cesa en la explotación la circulación de materia orgánica en forma de forrajes y deyecciones.
- Pocas restituciones de residuos agrícolas y ganaderos, que constituyen, en muchos casos, una carga a eliminar, en vez de un recurso para utilizar (quema de rastrojos y el vertido de deyecciones a los cauces de agua en las explotaciones ganaderas sin tierra).
- Disminución de especies cultivadas en la explotación (llegando incluso al monocultivo), en perjuicio de otras alternativas que favorecen la fertilidad del suelo, como puede ser la inclusión de forrajeras plurianuales y las leguminosas de grano.
- Empleo intensivo, y a veces abusivo, de abonos químicos y productos fitosanitarios ==> deterioro de la calidad de los alimentos y contaminar el suelo y el agua.
- laboreo intensivo (abusivo y ejecutado con maquinaria pesada) =====> perjudicar la estructura del suelo y favorece la erosión.

# Logros de la agricultura convencional

## Aspectos positivos:

- aumentos espectaculares de las producciones agrícola y ganadera
- disminución de los costes de producción
- hacer el trabajo agrícola mucho menos penoso

## Aspectos negativos:

- riesgo de contaminación de los alimentos
- > degradación del suelo por contaminación, erosión, degradación física y salinización (en el regadío).

## **¿ que se ha hecho en los últimos años ?**

se ha generalizado el uso de lo sostenible, aplicado no sólo a la agricultura, sino al desarrollo en general.



# ¿ que es un desarrollo sostenible ?

aquel que permite a la generación actual satisfacer sus necesidades sin comprometer el porvenir de las generaciones futuras.

## Características de una agricultura sostenible:

- Rentabilidad económica en armonía con el medio natural.
- > eficacia en el uso de los recursos.
- Evitar la degradación del suelo (erosión, contaminación, salinización y degradación física).
- Favorecer las relaciones entre todos los elementos de los ecosistemas.

## ¿ en que consistiría en la agricultura sostenible un planteamiento de fertilización racional ¿

conservar o aumentar la fertilidad del suelo, asegurando un buen nivel de humus.

## ¿ que representan los abonos minerales ?

- uno de los descubrimientos más importantes que junto con otros factores (selección de variedades, lucha contra los competidores de los cultivos, mecanización) =====> (asegurar la alimentación de una parte importante de la humanidad).

### Aplicados de forma racional:

- mantienen la fertilidad del suelo y elevan el rendimiento de las cosechas
- su mal uso nos lleva a reducir los alimentos

# Perfil del suelo

El suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre, en donde se desarrollan las raíces de las plantas. Se ha formado por las acciones del clima y de los seres vivos sobre la superficie de la tierra a lo largo del tiempo.

## ¿ Elementos que forman el suelo ?

- Partículas minerales de diferente tamaño y composición.
- Materia orgánica procedente de los residuos de vegetales y animales.
- Aire y agua, que ocupan los huecos que dejan entre si las partículas sólidas.
- Microorganismos y otros organismos vivos (lombrices, larvas, etc.).
- Consta de una serie de capas ==> llamadas *horizontes*, debido a que su disposición suele ser horizontal. El conjunto de los horizontes se llama *perfil del suelo*.

## Perfil del suelo

Hay tres horizontes principales, que desde arriba hacia abajo son:

- *Horizonte A.* Abarca hasta donde alcanzan las labores ordinarias de arado, y en él se sitúan las raíces de la mayor parte de las plantas herbáceas.
- *Horizonte B o subsuelo.* Se encuentran las raíces más profundas de las plantas herbáceas y la mayoría de las raíces de los árboles y arbustos.
- *Horizonte C.* Formado por rocas más o menos alteradas, que sirven de soporte a los dos horizontes anteriores.

# Textura del suelo

Las partículas minerales del suelo son de diferente tamaño y las  $< 2$  mm constituyen la tierra fina. La tierra fina se clasifica de la siguiente forma:

Arena. Partículas con tamaño comprendido entre 2-0,05 mm.

Limo. Partículas con tamaño comprendido entre 0,05-0,002 mm.

Arcilla. Partículas con tamaño  $< 0,002$  mm.

- Granos de arena gruesa =====> visibles a simple vista
- Granos de arena fina =====> con ayuda de una lupa.
- Arena seca o húmeda frotada entre los dedos =====> sensación áspera.
- Partículas de limo =====> ayuda de microscopio
- Limo húmedo frotado entre los dedos =====> sensación suave, pero no es pegajoso.
- Partículas de arcilla =====> ayuda de un microscopio muy potente.
- Arcilla húmeda cogida entre los dedos ==> pegajosa y deja los dedos manchados.

**Textura de un suelo** = % que contiene de arena, limo y arcilla.



# Textura del suelo

- *Suelos con*
  - ↑ % de arena se llaman *arenosos*
  - ↑ % de limo se llaman *limosos*
  - ↑ % de arcilla se llaman *arcillosos*.

**Suelos francos** = suelo en donde no predomina ninguno de los tres tipos de partículas y tiene las ventajas que le proporcionan las diferentes clases de partículas, a la vez que se eliminan sus inconvenientes.

**Suelos sueltos** = dejan pasar con facilidad el aire y el agua, por cuyo motivo están bien aireados y no se encharcan, tienen poca capacidad para retener el agua y se labran fácilmente.

% moderado de limo ==> buenas cualidades

Tierra con

↑ % de limo ==> se trabaja mal y se forman unas costras superficiales perjudiciales, ya que estos suelos no se agrietan.

## Textura del suelo

**Suelos fuertes o arcillosos** = presentan dificultad para dejar pasar a su través el aire y el agua, por cuyo motivo suelen estar mal aireados y se encharcan con facilidad, en cambio tienen una gran capacidad para almacenar agua y se labran con dificultad (son los suelos arcillosos).

## Clases de textura

El contenido de arena, limo y arcilla se hace en el laboratorio y determina las diferentes clases de textura, que vienen definidas en el gráfico triangular

### ¿ que se hace en el campo ?

se coge un poco de tierra y se amasa con agua hasta que adquiriera una consistencia semejante a la del mortero de cemento utilizado para unir ladrillos.

Se coloca entre las manos un poco de esta mezcla y se intenta formar con ella un cordón delgado, observando su comportamiento:

- textura arenosa ==> cordón se rompe antes de conseguir formar uno de 3 mm. de diámetro.
- textura arcillosa ==> se consigue formar un cordón de 3 mm de diámetro y 10 cm de longitud, y con él se puede construir un anillo sin que la tierra se resquebraje.
- textura limosa =====> cordón se rompe cuando se intenta formar uno de 1 mm. de diámetro, pero no se rompe cuando se hace de 3 mm. de diámetro.

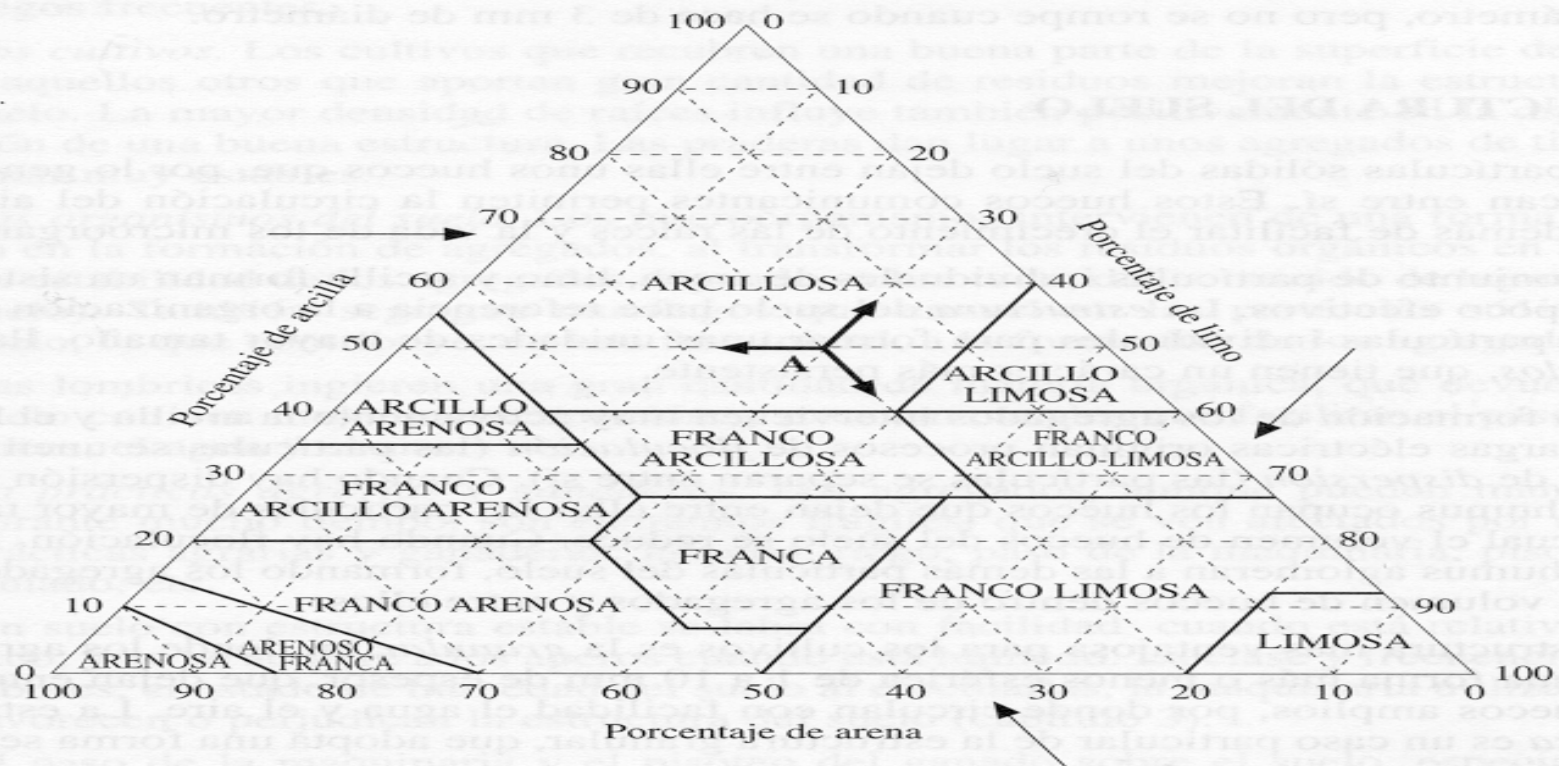


Fig. 1-1. Gráfico triangular para determinar la clasificación de los suelos según su textura. El triángulo está dividido en 12 áreas correspondientes a las distintas clases de textura según los porcentajes en peso de arcilla, limo y arena. La dirección de las flechas indica la forma de aplicar los porcentajes respectivos de arcilla, limo y arena. Así, por ejemplo, el punto A, que corresponde al área de suelo arcilloso, contiene el 50% de arcilla, el 30% de limo y el 20% de arena.

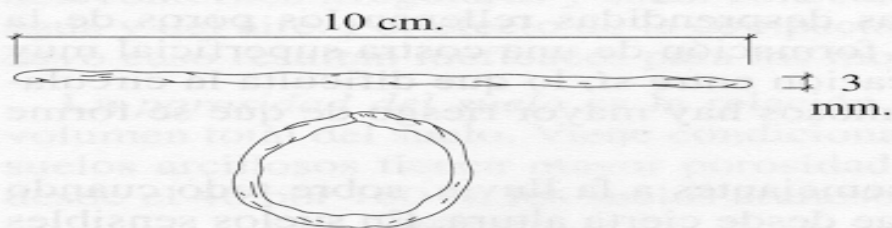


Fig. 2-1. La textura de un suelo es arcilloso cuando con tierra humedecida se puede formar un anillo de las dimensiones que se especifican en la figura.

## Estructura del suelo

- Las partículas sólidas del suelo dejan entre ellas unos huecos que generalmente se comunican entre sí y que permiten la circulación del aire y el agua, además de facilitar el crecimiento de las raíces y la vida de los microorganismos.
- La *estructura* del suelo hace referencia a la organización natural de las partículas individuales (arena, limo y arcilla) para formar unas unidades de mayor tamaño, llamadas *agregados*, que tienen un carácter más persistente.
- En la formación de los agregados intervienen muy activamente la arcilla y el humus, cuyas cargas eléctricas originan procesos de *floculación* (las partículas se unen unas a otras) o de *dispersión* (las partículas se separan entre si).
- Cuando hay dispersión la arcilla y el humus ocupan los huecos que dejan entre ellas las partículas de mayor tamaño ==> volumen de huecos se reduce.
- Cuando hay floculación, la arcilla y el humus aglomeran a las demás partículas del suelo, formando los agregados ==> gran volumen de huecos dentro de los agregados y entre ellos.



## ¿ cual es la estructura mas ventajosa para los cultivos ?

- *granular* (los agregados tienen una forma más o menos esférica de 1 a 10 mm de espesor, que dejan entre ellos unos huecos amplios, por donde circulan con facilidad el agua y el aire.
- *migajosa* es un caso particular de la estructura granular, que adopta una forma semejante a la miga de pan.

# Estabilidad de los agregados

**Estabilidad** = facultad de mantener su forma ante agentes externos que los dispersan.

**Formación y estabilidad de los agregados viene condicionada por varios factores:**

## *Heladas.*

- congelación lenta con suelo húmedo es beneficiosa para la estructura
- congelación rápida destruye los agregados, formándose en la superficie del suelo una masa pulverulenta.
- Congelación con suelo seco =====>efectos menos acusados.

## *Lluvias*

- el impacto de las gotas de lluvia =====> provocar la rotura de los agregados poco estables.
- partículas finas desprendidas rellenan los poros de la superficie del suelo =====> formación de costra superficial dura y compacta =====> poros sin comunicación entre sí =====> dificulta la circulación del agua y del aire.

# Estabilidad de los agregados

En suelos limosos ==> > riesgo de que se forme costra superficial.

**sobre todo**

- riego por aspersión = efectos de la lluvia =====> con gotas de gran tamaño y el agua cae desde cierta altura.
- En suelos sensibles a la formación de costra se recomienda dar riegos poco intensos y con gotas de tamaño pequeño.
- Cuando la costra formada dificulta la nacencia de la semilla, conviene mantener húmeda la superficie del suelo de forma permanente mediante riegos frecuentes.

## *Cultivos*

- Los cultivos que recubren una buena parte de la superficie del suelo y aquellos otros que aportan gran cantidad de residuos mejoran la estructura del suelo.
- > densidad de raíces influye también positivamente en la organización de una buena estructura ==> praderas dan lugar a unos agregados de tipo granular muy estables.

# Estabilidad de los agregados

## *Organismos del suelo*

- Los microorganismos intervienen de una forma decisiva en la formación de agregados, al transformar los residuos orgánicos en humus.

### ↑ pegajosas

- Segregan mucílagos que envuelven las partículas sólidas del suelo, lo que contribuye, en una fase inicial, a la formación de los agregados.
- Las lombrices ingieren una gran cantidad de materia orgánica, que devuelven al suelo con una mejor estructuración, y excavan canales que facilitan el paso de las raíces, el agua y el aire.

## *Prácticas agrarias y ganaderas.*

- Los agregados son frágiles y se ven afectados por algunas prácticas agrarias y ganaderas: laboreo, riego, paso de la maquinaria, pisoteo del ganado, etc.

## Estabilidad de los agregados

- Un suelo con estructura estable se labra con facilidad cuando está relativamente seco, y no se adhiere a los aperos cuando está húmedo. La clase y frecuencia de las labores, el estado de humedad del suelo al efectuarías, la maquinaria utilizada, etc. favorecen o perjudican la estructura del suelo.
- El paso de la maquinaria y el pisoteo del ganado sobre el suelo, especialmente cuando está húmedo, provocan la compactación. Con la compactación se reduce el volumen de huecos, y como consecuencia de ello disminuye la capacidad del suelo para almacenar y transmitir el agua y, sobre todo, la capacidad de aireación. La compactación es también un serio inconveniente para el crecimiento de las raíces.

### *Procesos de acidificación y sodificación.*

Los procesos de acidificación y de sodificación dan lugar a la destrucción de los agregados.



# Porosidad

**Poros** = huecos que dejan entre sí las partículas sólidas del suelo y que son muy irregulares en cuanto a tamaño, forma y dirección.

**Porosidad del suelo** = relación entre el volumen ocupado por los poros y el volumen total del suelo y viene condicionada por la textura y la estructura del suelo (suelos arcillosos  $\implies$   $>$  porosidad que arenosos). La porosidad puede variar desde el 40% en los suelos arenosos, hasta el 58% en los arcillosos.

- Suelos de textura arcillosa  $\implies$  gran número de poros, que son pequeños y con muchos estrechamientos  $\implies$  gran retención de agua (hay que mantener aireamiento).
- Suelos de textura limosa  $\implies$  número relativamente pequeño de poros, que son grandes y se comunican entre sí con mayor facilidad.
- Suelos arenosos  $\implies$  poros grandes, no presentan problemas de aireación, pero retienen poca cantidad de agua.

## ¿ cuales son los suelos adecuados para los cultivos ?

- textura media, con equilibrio entre poros grandes (que permiten una buena aireación) y poros pequeños (que retienen mayor cantidad de agua).
- El exceso de labores es perjudicial, porque provoca la disgregación de los agregados y reduce el tamaño de muchos poros.

### ¿ que sucede al disgregarse los agregados ?

- la capa superficial queda expuesta al impacto directo de las gotas de lluvia, que aumentan la disgregación. Una parte del material disgregado penetra con el agua dentro del suelo, obstruyendo muchos poros, con lo cual disminuye la circulación del agua y del aire.
- cuando la capa superficial está demasiado disgregada forma al secarse una costra muy dura y algunas plántulas recién germinadas no pueden romperla.

# Densidad aparente

Es el peso contenido en la unidad de volumen de una muestra de ese suelo, considerándolo tal como se presenta, o sea, incluyendo el volumen ocupado por los poros. (peso dividido de la muestra por su volumen).

$a >$  compactación del suelo  $\implies > D_A \implies \downarrow$  volumen de huecos.

La densidad aparente del suelo varía dentro de los límites siguientes:

Arenoso	1.400-1.600 kg/m <sup>3</sup>
Arcilloso con estructura	1.100- 1.200 kg/m <sup>3</sup>
Compacto	1.800- 1.900 kg/m <sup>3</sup>
Valor medio	1.300-1.400 kg/m <sup>3</sup>

## ¿ como se mide la densidad aparente ?

usando un cilindro metálico de volumen conocido y los bordes biselados, que se clava en el suelo para tomar una muestra de tierra. El peso de la muestra se hace después de secarla en estufa.

## El aire del suelo

- Los poros del suelo están ocupados por aire y agua. Al secarse el suelo, los espacios que deja libre el agua son ocupados por aire; a su vez, este aire es desalojado cuando hay una nueva aportación de agua.
- La ocupación sucesiva de los espacios huecos por agua y aire facilita la renovación del aire contenido dentro del suelo, que es sustituido por otro más apto procedente de la atmósfera.
- Si mantenemos mucho tiempo exceso de agua en el suelo, no hay aire suficiente para la respiración de las raíces (se asfixian), salvo aquellas que son capaces de respirar el aire disuelto en el agua (arroz) =====> circulación H<sub>2</sub>O ==> renovación del O<sub>2</sub>.
  - Aún en este caso, debe haber una circulación de agua, que facilite la renovación del oxígeno consumido en la respiración.

# El color del suelo

para apreciar el color, el suelo debe estar seco, ya que en igualdad de otras condiciones el suelo húmedo tiene un color más oscuro que el suelo seco.

- colores blanquecinos manifiestan la presencia de arena cuarzosa, caliza o yeso.
- colores oscuros son debidos, por lo general, a la presencia de humus.
- colores grises, verdosos o azulados se deben a condiciones de falta de aireación.
- colores pardos o rojizos denotan una buena aireación.
  
- las capas profundas del suelo tienen el mismo color que los minerales que lo integran
  
- el color de las capas superficiales viene determinado, sobre todo, por el contenido de humus y de minerales de hierro, que dan su propio color a las partículas minerales del suelo, a las cuales recubren de un modo semejante a como la pintura recubre a los objetos pintados.

## El color del suelo

- observando el suelo con una lupa se pueden diferenciar claramente los componentes minerales del suelo recubiertos de partículas de humus y de compuestos de hierro.
- El humus, que es la materia orgánica muy descompuesta, tiene color negro, por lo que el color más o menos oscuro del suelo indica un mayor o menor contenido de humus.
- Basta un contenido del 5% de humus para que el suelo adquiriera un color negro cuando está húmedo y gris oscuro o pardo grisáceo oscuro cuando está seco.
- La mayoría de los suelos de climas cálidos, que suelen tener un bajo contenido de humus debido a la rápida descomposición de la materia orgánica, tienen suficiente cantidad de compuestos de hierro para que éstos influyan decisivamente en su coloración. El hierro presente en el suelo se combina con el oxígeno del aire, dando lugar a compuestos de distintos colores.
- Cuando hay suficiente cantidad de aire en el suelo, el oxígeno se combina con el hierro, dando compuestos de color rojo ==> buena aireación.

## El color del suelo

- mucha cantidad de agua en el suelo (por falta de drenaje) existe poca cantidad de oxígeno, y entonces el hierro forma compuestos de color gris azulado o verdoso.
- colores gris azulado o verdoso =====> falta de aireación
- humedad no es excesiva, el hierro da compuestos de color amarillento.
- la cantidad de agua que permanece en el suelo durante mucho tiempo viene indicada, de menos a más, por la siguiente escala de valores: rojizo, amarillento, grisáceo y azulado o verdoso.
- la materia orgánica oscurece estos colores, mientras que la caliza, los aclara.

## Otra forma de color del suelo

Blanquecinos ↗ arena de cuarzo  
→ caliza  
↘ yeso

Oscuros ===→ humus

Grises, verdosos o azulados ===→ falta de aireación

Pardos o rojizos ===→ buena aireación

### COLOR DE LAS CAPAS SUPERFICIALES

**HUMUS** =====→ Color negro ==→ ± negro ==→ ± humus

**% 5% de humus** ===→ color negro (húmedo) o color gris (seco)

**SUELOS DE CLIMAS CÁLIDOS** ==→ ↓% humus ==→ ↑% de compuestos de Fe

===→ Fe + O<sub>2</sub> del aire ===→ # colores



## Otra forma de color del suelo

$\uparrow$  % aire en el suelo  $\xrightarrow{\text{O}_2 + \text{Fe}}$  color rojo  $\implies$  buena aireación

$\uparrow$  % H<sub>2</sub>O en el suelo (no hay drenaje)  $\implies$   $\downarrow$  % O<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{Fe}}$  gris azulado o verdoso  
 $\implies$  falta aireación

Humedad no excesiva  $\implies$  amarillento  $\implies$  de < a > % H<sub>2</sub>O en el suelo  $\implies$  rojo, amarillo, gris azulado, verdoso.

M.O.  $\implies$  oscurece los colores

CALIZA  $\implies$  los aclara

# Temperatura del suelo

La temperatura del suelo depende de la intensidad de la radiación solar recibida, que, a su vez, está condicionada por varios factores:

## *Angulo de incidencia de los rayos solares.*

La temperatura alcanzada por el suelo es tanto mayor cuanto más perpendiculares inciden los rayos solares (las laderas expuestas al Mediodía son más cálidas que las expuestas al Norte).

## *Nubosidad.*

Las nubes atenúan la intensidad de la radiación recibida, pero evitan las pérdidas excesivas de calor durante la noche (el suelo de las regiones nubosas tiene unas oscilaciones térmicas diarias menores que el de las regiones de cielo despejado).

## *Color del suelo*

Los suelos de colores oscuros absorben mayor radiación que los de colores claros, por tanto, aquellos son más calientes que éstos.

# Temperatura del suelo

## *Contenido de agua*

El suelo húmedo absorbe y emite el calor con menos rapidez que el suelo seco (los suelos húmedos son más fríos que los suelos secos, aunque aquellos se enfrían más lentamente que estos otros).

## *Cubierta vegetal*

La vegetación y los residuos de plantas proporcionan sombra, que reduce el calentamiento por insolación durante el día, a la vez que actúan como aislante contra el enfriamiento producido por la irradiación nocturna de calor. De este modo la cubierta vegetal atenúa las variaciones de temperatura en ambos sentidos.

- germinación de las semillas

La T<sup>a</sup> del suelo influye sobre la → desarrollo y el funcionamiento de las raíces

- actividad de los microorganismos.

# Temperatura del suelo

- La superficie del suelo empieza a calentarse poco después de la salida del sol y su temperatura sube progresivamente hasta que se alcanza el equilibrio entre el calor recibido y el calor cedido.
- Este equilibrio se mantiene hasta la caída de la tarde, cuando la radiación solar decrece y después de la puesta de sol la superficie del suelo continúa enfriándose, hasta alcanzar el mínimo poco después de la salida siguiente del sol.
- Por debajo de la capa superficial, las variaciones de la temperatura del suelo ocurren con más retraso cuanto mayor es la profundidad. A unos 15 cm de profundidad las temperaturas máxima y mínima diarias se dan con un retraso de unas 4 horas, mientras que las variaciones estacionales experimentan un retraso de varias semanas con respecto a las del aire.
- Este desfase de temperatura ocasiona que algunas plantas no pueden germinar durante los primeros días de primavera, aunque la temperatura del aire permita el desarrollo del cultivo.