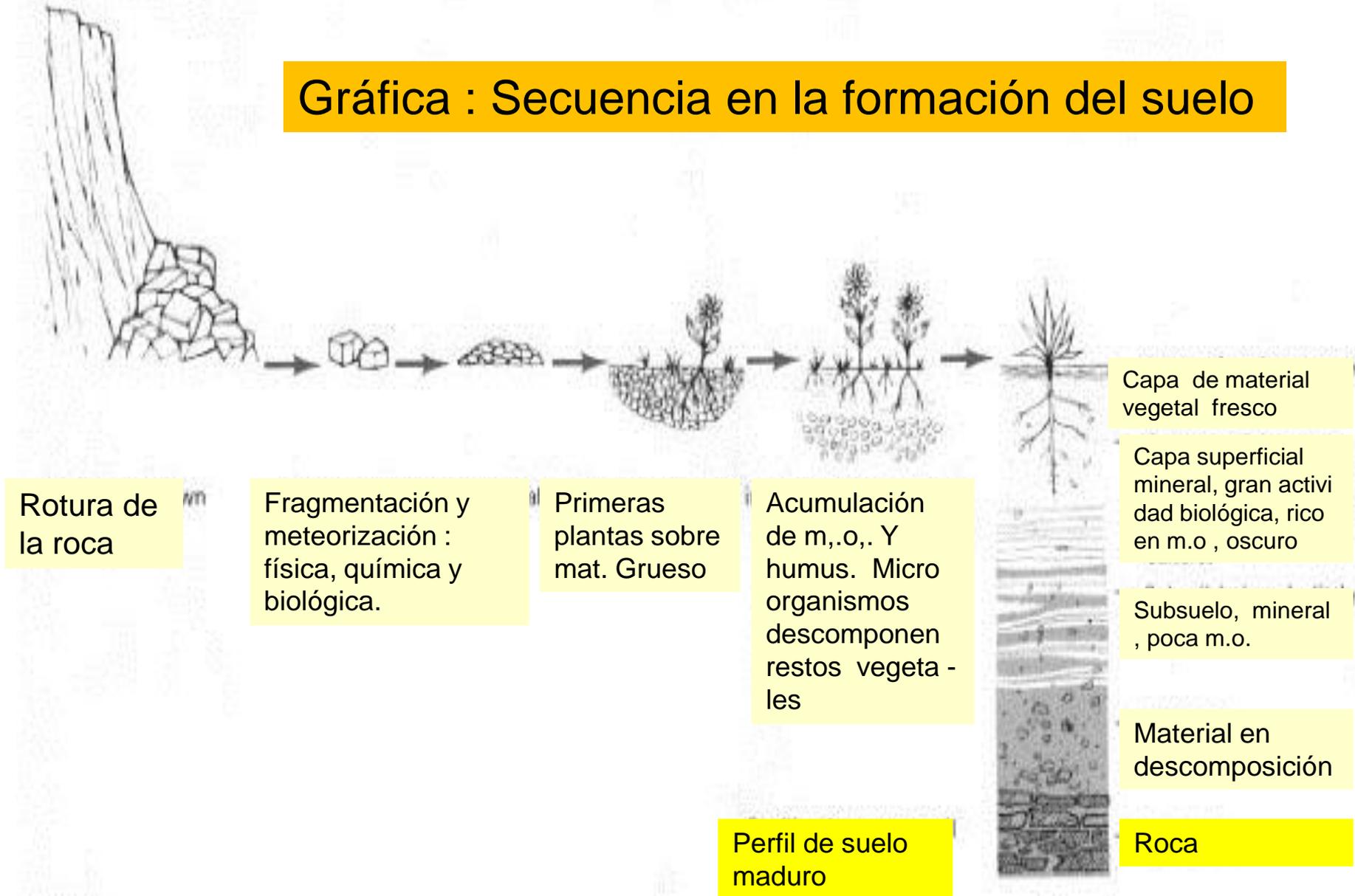


# **Programa Sub Sectorial de Irrigaciones. Ministerio de Agricultura**

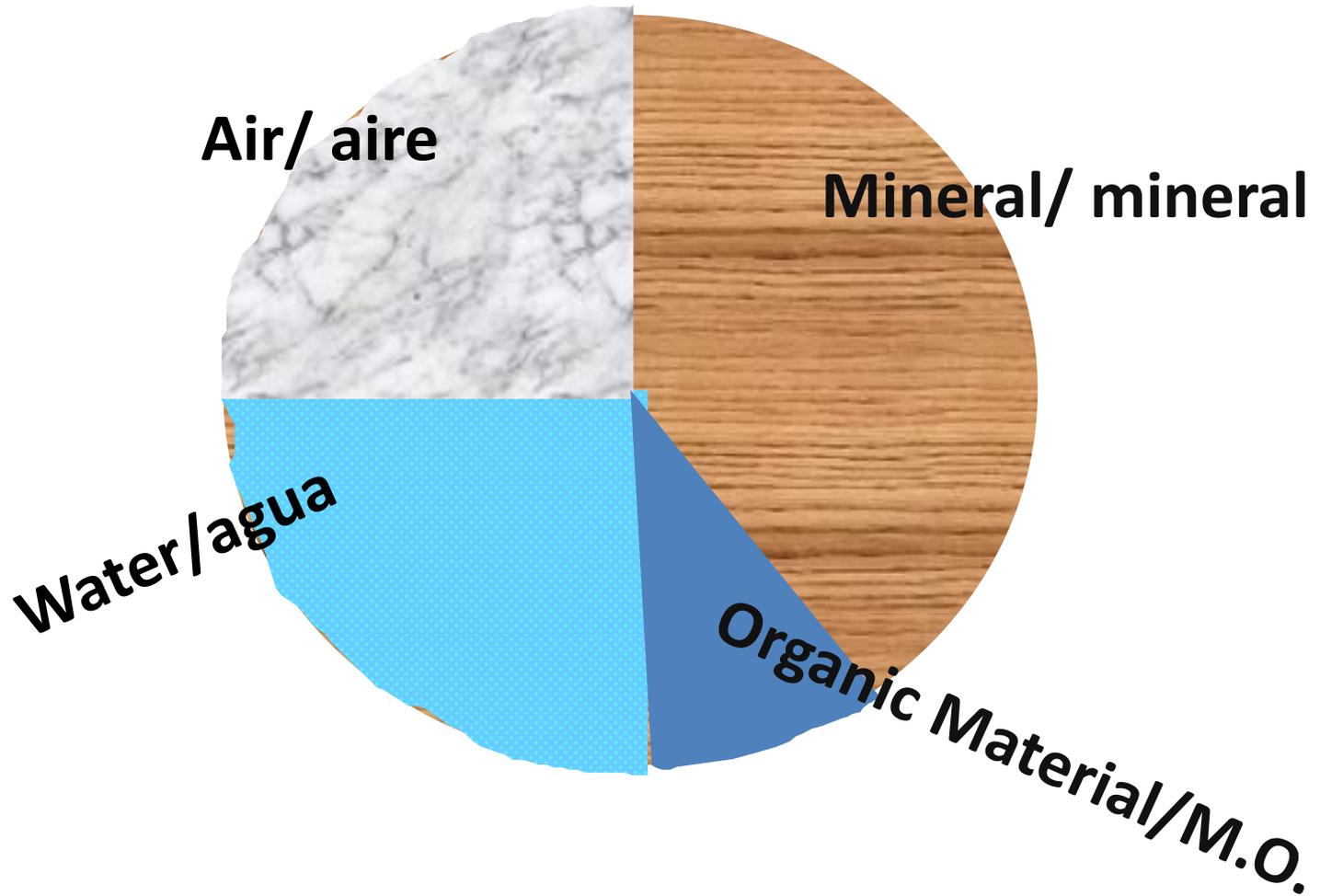
Propiedades Físicas de los  
Suelos

< [rbt@lamolina.edu.pe](mailto:rbt@lamolina.edu.pe) >

## Gráfica : Secuencia en la formación del suelo



# Composición Volumétrica del Suelo



# Fases del Sistema Suelo

- El suelo : un sistema disperso en el que se diferencian tres fases (ver fig.)
  - Fase sólida: agregados minerales y orgánicos.
  - Fase líquida: agua de la solución del suelo.
  - Fase gaseosa: atmósfera del suelo, contenida en el espacio poroso.

.

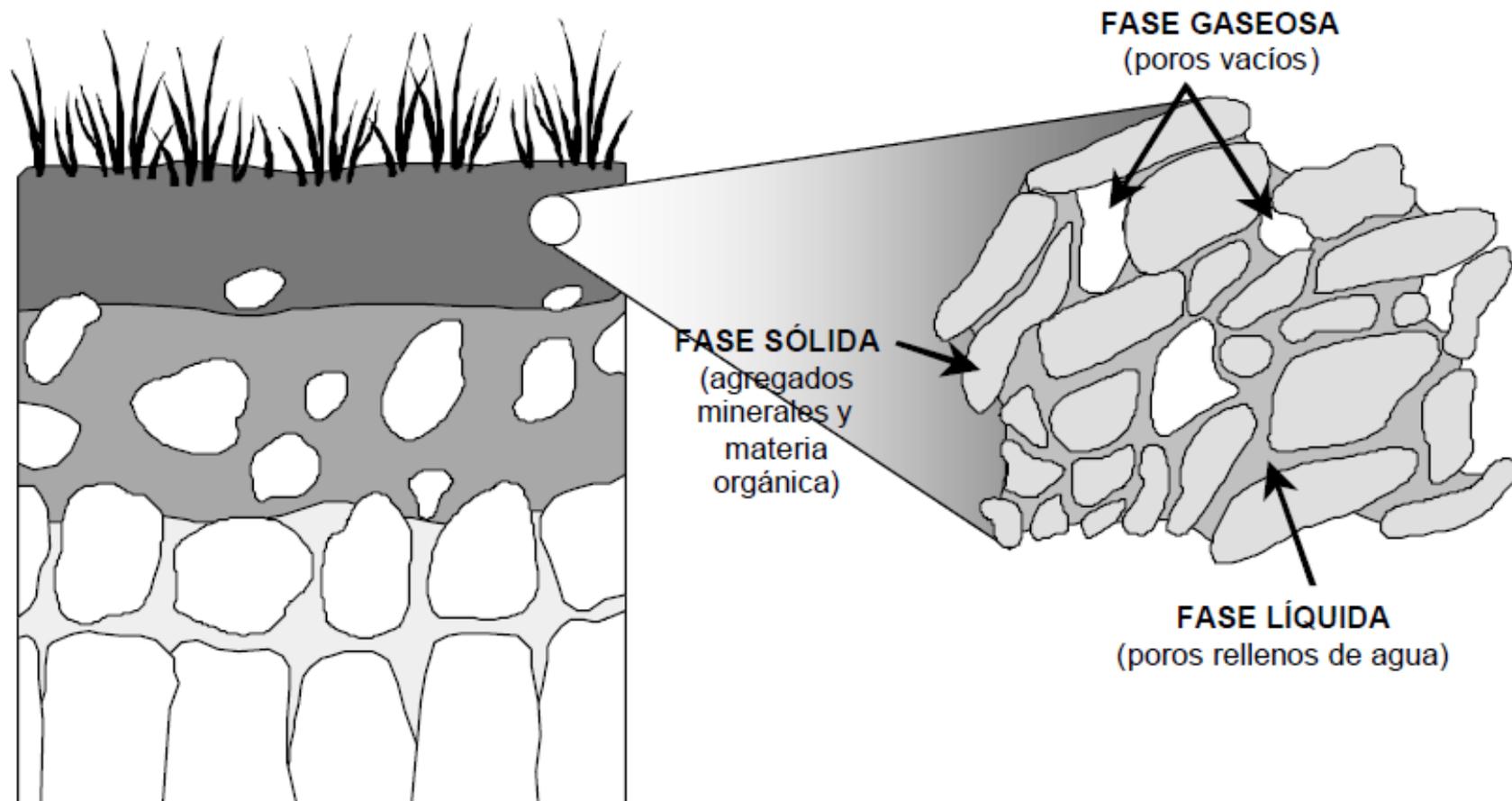
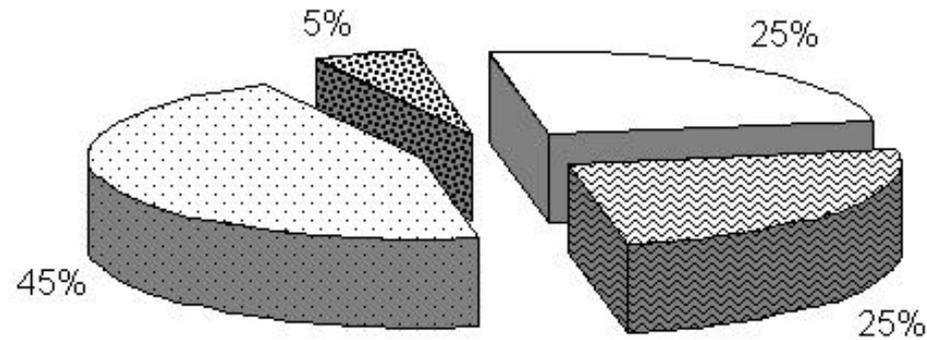


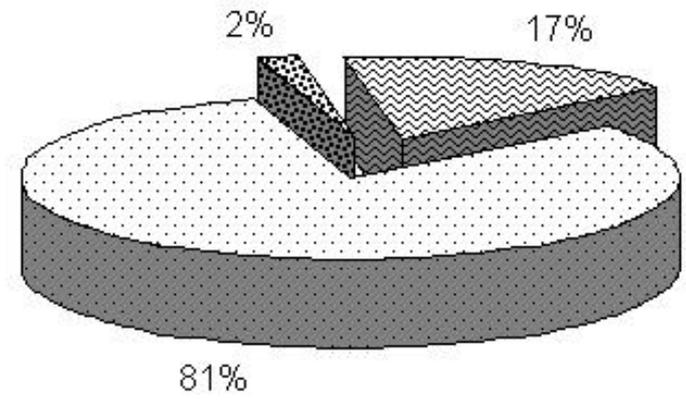
Figura 2-1. Esquema de las fases del suelo.

### FASES DEL SUELO (VOLUMEN)



□ GASEOSO   ▨ LÍQUIDO   ▤ M. MINERAL   ▩ M. ORGÁNICA

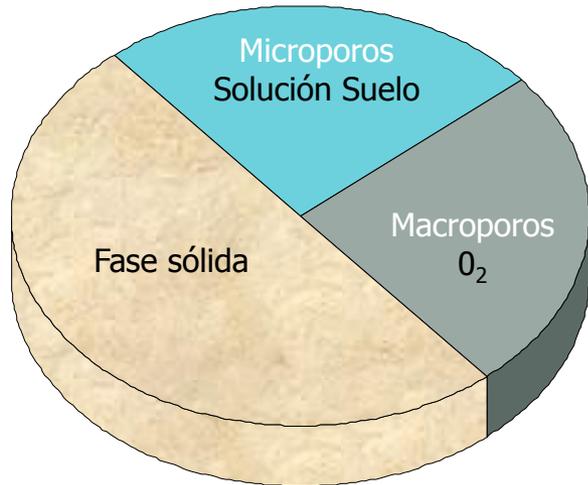
### FASES DEL SUELO (PESO)



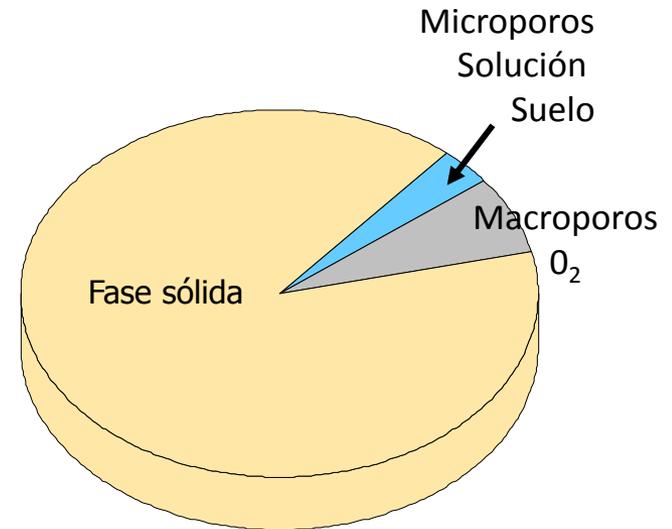
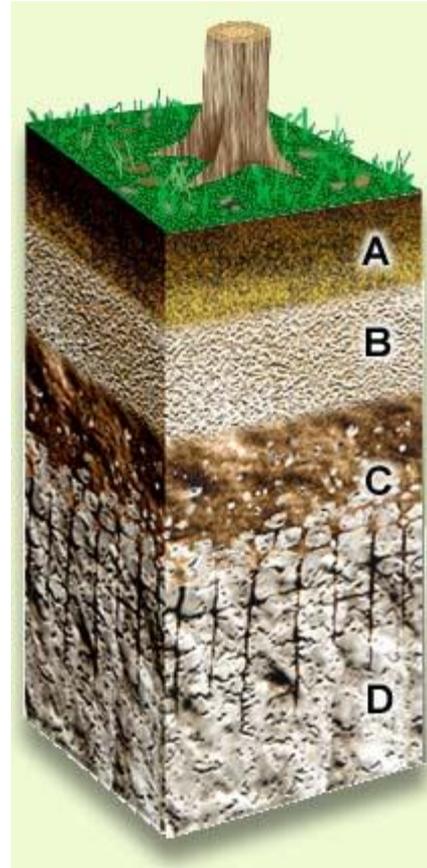
▨ LÍQUIDO   ▤ M. MINERAL   ▩ M. ORGÁNICA

# Composición volumétrica del suelo cont..

CO<sub>3</sub>Ca  
M.O.  
Arcilla  
Limo  
Arena



**Suelo : textura media**



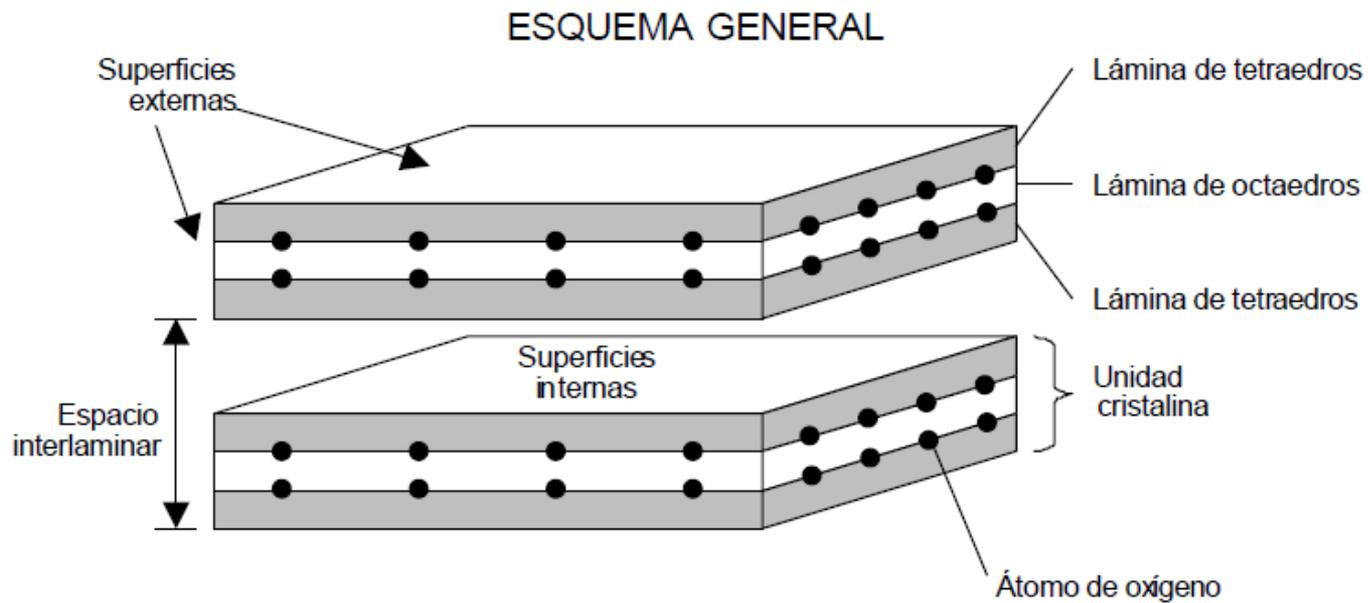
**Suelo : textura arenosa**

# Fase sólida

- Fase mas estable, muy heterogénea  
Los constituyentes son: inorgánicos y orgánicos.  
Constituyen la base del armazón sólido o matriz.  
Proviene de rocas, minerales y residuos vegetales.  
Los minerales son silicatos . Los silicatos están compuestos de Si y O más uno o más metales.

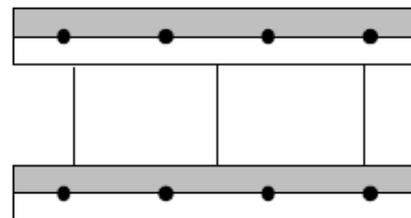
# Principales minerales

Mineral	Composición química
Cuarzo	$\text{SiO}_2$
Feldespatos	Ortoclasa $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ Plagioclasas $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ = albita $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}$ = anortita
Micas	Muscovita $\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{K}$ Biotita $\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{MgFe})_3(\text{OH})_2\text{K}$
Anfiboles	Tremolita y Hornablenda
Piroxenos	$(\text{Ca,Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$
Olivino	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
Arcillas	Mineral secundario de tamaño $< 2 \mu$ Estructura: tt. Si-O y Oct. Al/Mg/Fe



**Minerales de dos capas  
(estructura 1:1)**

**Caolinita**



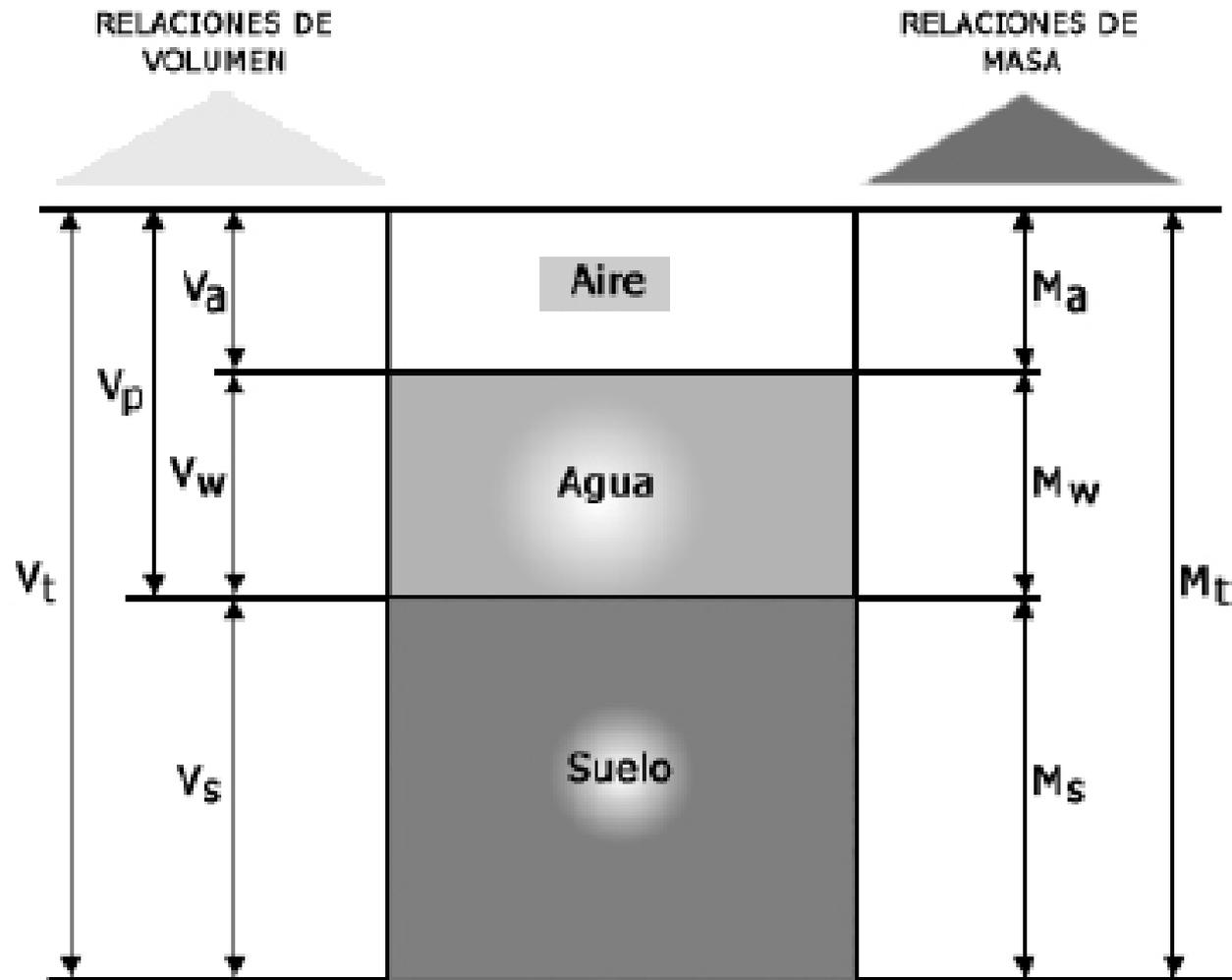
Uniones internas  
mediante enlaces O-O.

Mínima expansión de la  
red.

No se permite la  
entrada de agua y  
cationes en el espacio  
interlaminar.

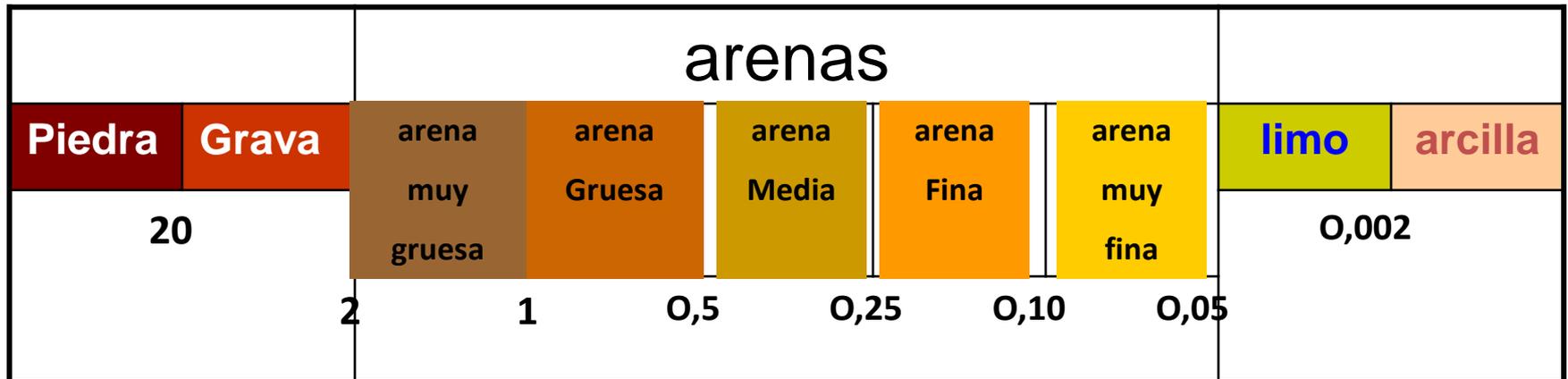
7 Å

# Diagrama esquemático del suelo



# Textura : % relativo de las fracciones arena, limo y arcilla

diámetro de las fracciones en mm



Clasificación según  
USDA

# Influencia de la textura sobre las propiedades del suelo

Desde un punto de vista agronómico :

- a. **Suelos arenosos** = buena fertilidad física , mala fertilidad química.
- b. **Suelos limosos** = no frecuentes, sólo en aluviales.
- c. **Suelos arcillosos** = muy activos químicamente.
- d. **Suelos francos** = buenas condiciones físicas, químicas y biológicos al suelo

# Influencia de la textura sobre las propiedades del suelo

Desde el punto de vista de conservación :

- a) arenas : arrastradas por el viento y agua.
- b) arcillas se unen entre sí y se protegen.
- c) limos no se unen , se erosionan fácilmente.

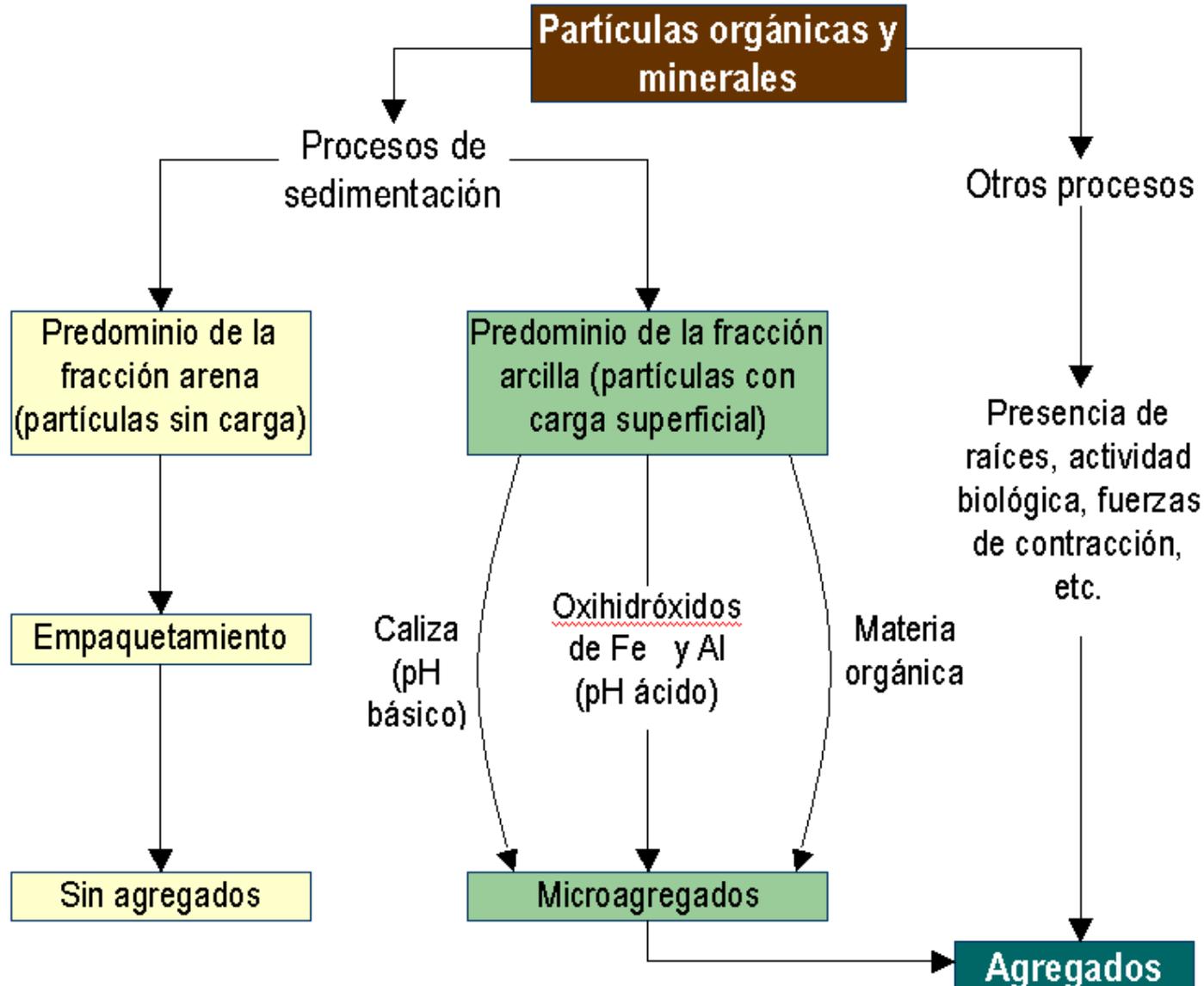
Desde el punto de vista poder de amortiguación de la contaminación :

- a) arenas son muy inertes.
- b) arcillas tienen alto poder de amortiguación y pueden fijar y transformar a los contaminantes y por tanto una alta capacidad de autodepuración.

# Estructura



# Génesis de la estructura



# Estabilidad de la estructura

- Estructura no es parámetro estable, puede variar en función de : clima, manejo del suelo, los procesos edáficos, etc
- Las causas más importantes de la degradación :
  - a) Expansión de las arcillas durante los períodos húmedos.
  - b) La lluvia violenta y produce dilución de los cationes que floculan los coloides.
  - c) Acidificación y/o descalcificación del suelo produce una desestabilización de los microagregados.

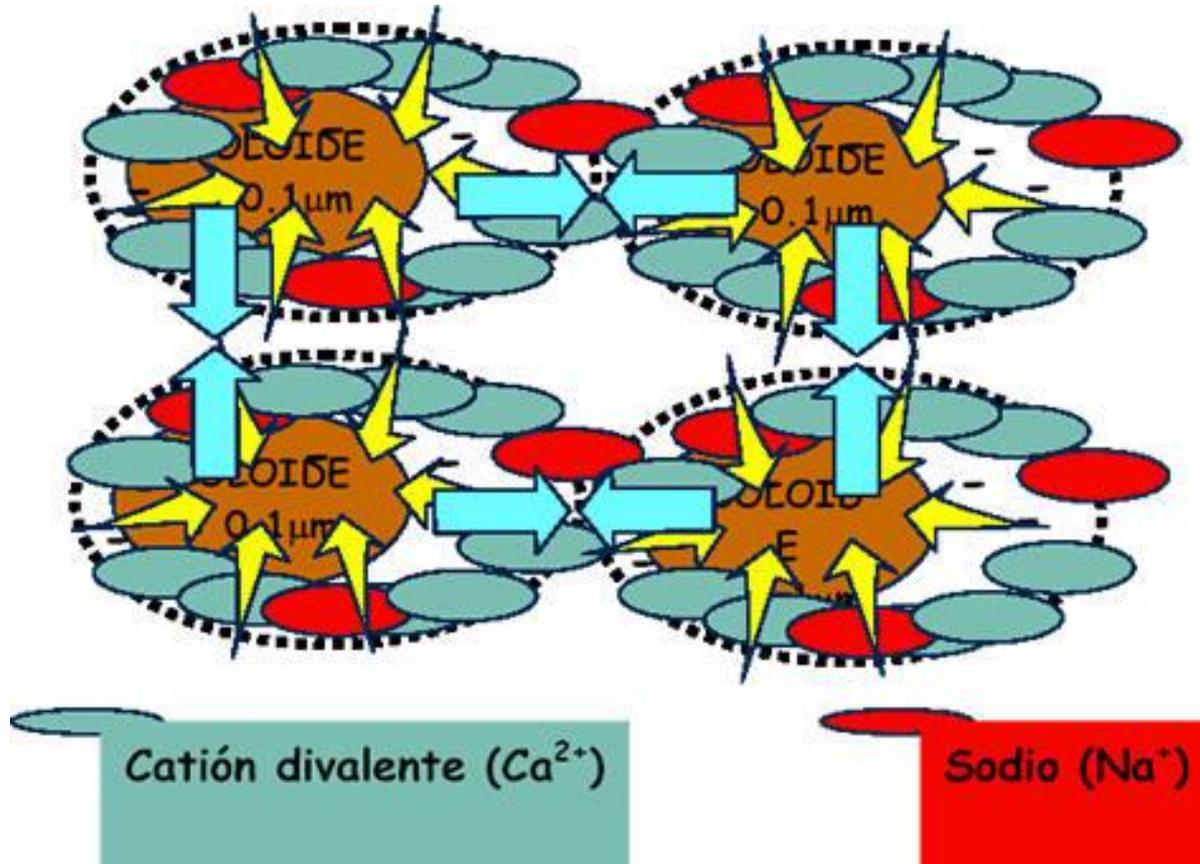
## **Efecto de estructura en propiedades del suelo.**

<b>Propiedad afectada</b>	<b>Efectos positivos</b>
Características de la superficie del suelo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buena estructura evita sellado del suelo, no hay formación de costras superficiales.</li><li>• Facilita la emergencia de las plántulas</li><li>• Facilita la infiltración del agua en el suelo</li></ul>
Infiltración de agua en el suelo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disminuye la escorrentía y, con ello, la erosión hídrica del suelo.</li><li>• Aumenta las reservas de agua en el suelo.</li></ul>
Riesgo de erosión	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suelo bien estructurado más resistente a la erosión que partículas sueltas de arena, limo, arcilla y materia orgánica.</li></ul>

# Efectos de estructura sobre el suelo.

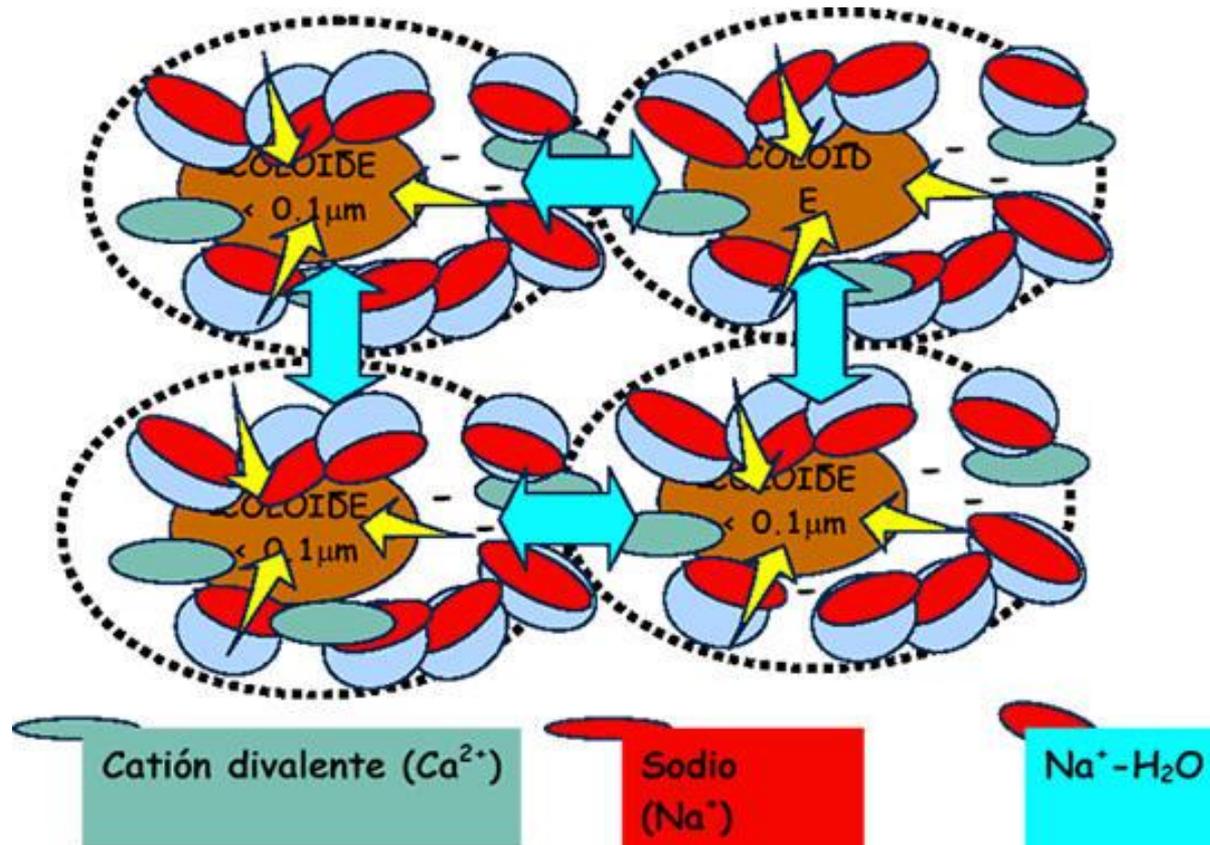
Propiedad afectada	Efectos positivos
Espacio poroso	<p data-bbox="542 389 1348 444">Horizonte bien estructurado:</p> <ul data-bbox="488 468 1856 1053" style="list-style-type: none"><li data-bbox="488 468 1856 596">• Permite una buena circulación de agua, aire y nutrientes.</li><li data-bbox="488 618 1692 672">• Posee conductividad hidráulica elevada.</li><li data-bbox="488 694 1760 822">• Favorece el desarrollo y la actividad de los microorganismos aerobios.</li><li data-bbox="488 843 1856 972">• Favorece la actividad de la fauna del suelo, lo que mejora la estructura.</li><li data-bbox="488 993 1566 1053">• Facilita la penetración de las raíces.</li></ul>
Compacidad	<p data-bbox="542 1093 1412 1148">La baja compacidad del suelo:</p> <ul data-bbox="488 1169 1605 1376" style="list-style-type: none"><li data-bbox="488 1169 1112 1223">• Favorece el laboreo.</li><li data-bbox="488 1245 1460 1299">• Disminuye la densidad aparente.</li><li data-bbox="488 1320 1605 1376">• Favorece el crecimiento de las raíces.</li></ul>

# Importancia del calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en la estructura



Siempre que predomine el calcio en el complejo coloidal, prevalecerán las fuerzas de atracción entre los coloides y éstos se mantendrán flocculados: habrá formación de estructura

# Efecto del sodio ( $\text{Na}^+$ ) sobre la estructura



Cuando el sodio en el complejo coloidal es elevado, debido al gran tamaño del radio de hidratación del sodio, los coloides se separan, hay repulsión entre los mismos y se dispersan: **la estructura se destruye**.

# Densidades.

## Densidad real :

Es el peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo.  $D_r = M_s / V_s$

Promedio : 2.65 g/cc

## Densidad aparente :

Peso de la unidad de volumen del suelo.  
Incluye espacio poroso y sólidos

$V_t = \text{volumen sólidos} + \text{volumen poros.}$

$D_a = M_s / V_t$

Varía con la textura y manejo del suelo.

Puede ser desde : 1.0 g/cc - 2.00 g/cc

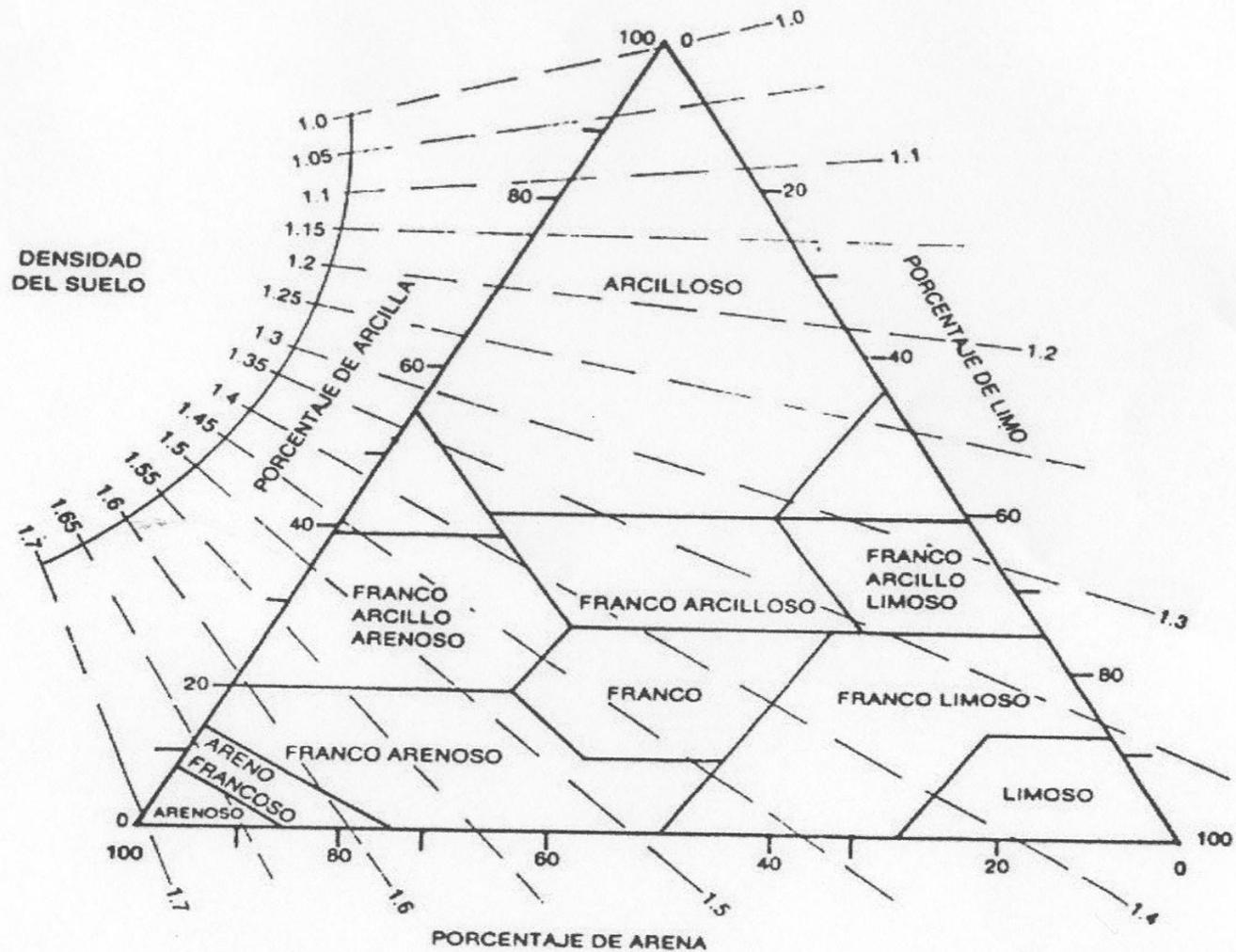


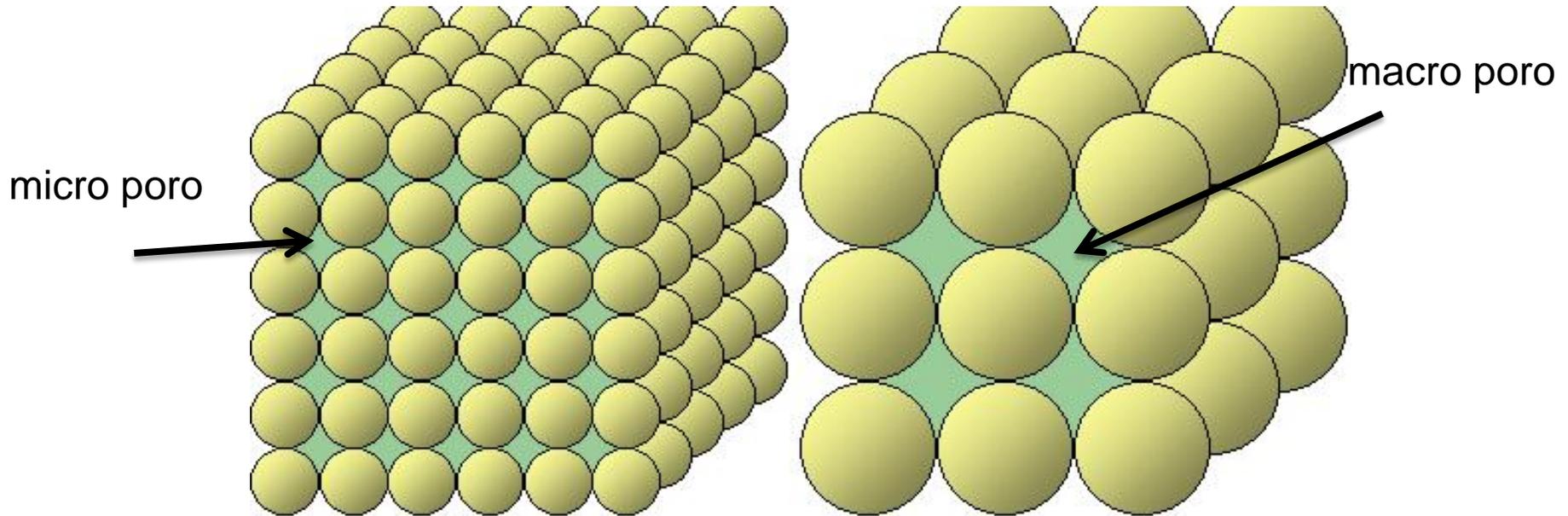
Figura 2.4. Relación entre densidad aparente del suelo y su textura.

## Algunos valores de densidad aparente en perfiles de suelos de valle . Costa peruana

Suelos	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
La Molina FrAo	1.51 g/cc	1.55 g/cc	1.60 g/cc	1.60 g/cc
Chancay FrAo	1.48 g/cc	1.52 g/cc	1.55 g/cc	1.57 g/cc
Carabaillo FrAo	1.40 g/cc	1.43 g/cc	1.43 g/cc	1.48 g/cc
Sta Ines FrAo	1.45 g/cc	1.48 g/cc	1.51 g/cc	1.52 g/cc
Chincha FrAo	1.48 g/cc	1.51 g/cc	1.55 g/cc	1.57 g/cc
Sayán FrAo	1.45 g/cc	1.46 g/cc	1.45 g/cc	1.50 g/cc

Porosidad : porción de un volumen de suelo ocupado por aire y/o agua

$$\%P = [ 1 - (\delta a / \delta p) 100 ]$$

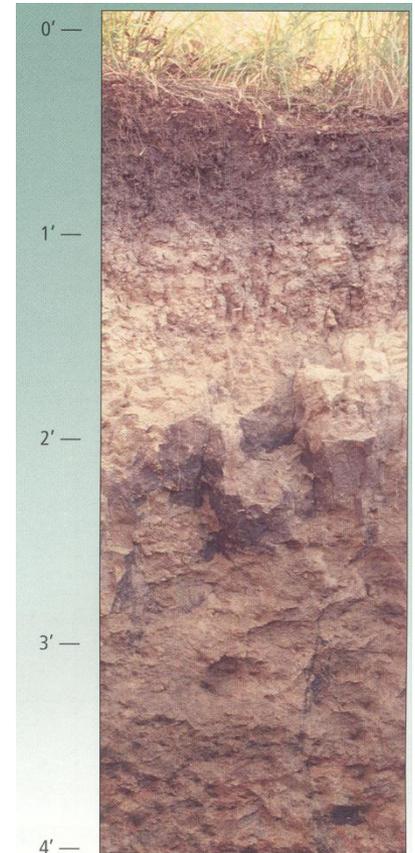
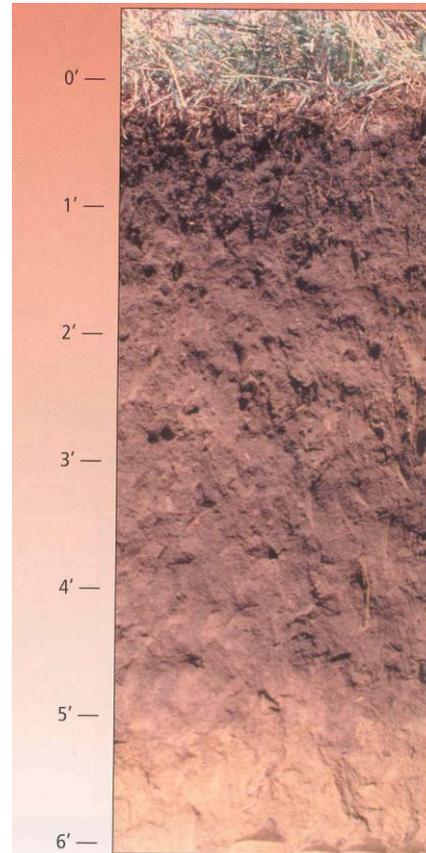
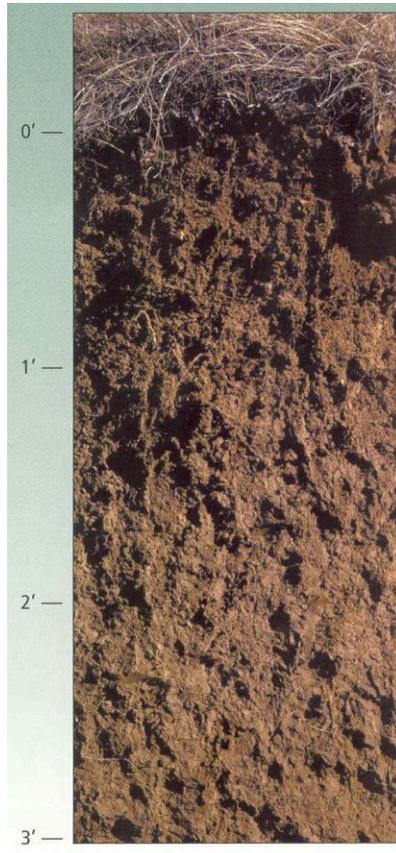
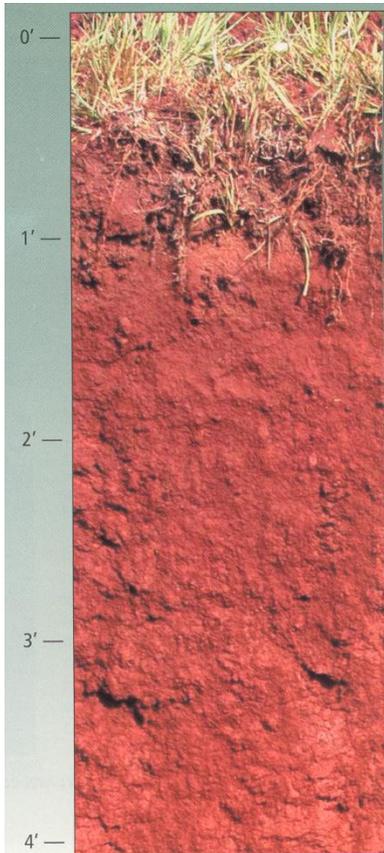


El tamaño de las partículas del suelo afecta al tamaño de los poros.

## Variación Porosidad total en el horizonte A suelos cultivados y no cultivados. Valle del Mantaro

Procedencia	% porosidad total		% poros de aireación	
	No cultivado	cultivado	No cultivado	cultivado
Huayao FrArL	63.6	49.7	8.6	6.3
Sicaya FrL	56.4	49.3	11.1	9.2
Huancayo Fr	61.4	53.0	21.5	11.3
Mantaro Arc	65.2	59.2	17.3	14.2
San Lorenzo FrAr	63.3	48.1	13.2	10.2

# Color de los suelos



## Relación color y propiedades del suelo

Color	Propiedades del suelo
Oscuro o negro.	Presencia de materia orgánica, cuanto más oscuro más contenido en materia orgánica se le supone. Es característico de horizontes A
Claro o blanco.	Se debe a los carbonatos de calcio y magnesio o al yeso u otras sales más solubles. En los horizontes eluviales (E), el color claro es consecuencia del lavado de las arenas (cuarzo).
Pardo amarillento.	Se debe a la presencia de óxidos de hierro hidratados, $\text{FeO}(\text{OH})$ (goethita), y unidos a la arcilla y a la materia orgánica.

## Relación color y propiedades del suelo

Color rojo.	Consecuencia de alteración de arcilla, por lo que se presenta habitualmente en los horizontes Bw o Bt. Se debe a la liberación de óxidos férricos como la hematita ( $Fe_2O_3$ ). Favorecido en climas cálidos con estaciones de intensa y larga sequía, como el clima mediterráneo. El color rojo indica un buen drenaje del suelo, lo que permite la existencia de condiciones oxidantes.
Grises y veteados	Característicos de suelos pseudogley con condiciones alternantes de reducción y oxidación. El abigarrado o veteadado se presenta como grupos de manchas de colores rojos, amarillos y grises. Esta propiedad aparece en suelos que se encharcan durante un período del año
Gris y/o verdoso azulado	Son característicos de suelos que sufren una intensa hidromorfía. Hay falta de oxígeno .

# Relaciones y propiedades físicas de los suelos

propiedades del suelo	Suelos ligeros	Suelos medios	Suelos pesados
aireación	excelente	bueno	pobre
drenaje	excelente	bueno	pobre
retención de nutrientes	baja	media	alta
retención de agua	baja	media	alta
labranza	fácil	moderada	difícil

# Composición de aire del suelo

• Elementos	Aire atmosférica	Aire del suelo
Nitrógeno	78	78
Oxígeno	21	10 – 20
CO <sub>2</sub>	0,03	0,2 – 3
Vapor agua	variable	saturación

# Aire en el Suelo.

- Conceptos de oxidación y reducción:
  - 1) Oxidación : átomos o moléculas ganan oxígeno o pierden hidrógeno o electrones.
  - 2) Reducción : átomos o moléculas pierden oxígeno ó ganan hidrógeno o electrones.
- En reacciones de oxido/reducción: si un compuesto se oxida el otro es reducido. Las reacciones redox son importantes y tienen impacto en la composición del aire del suelo y de la atmósfera.

# Caracterización de la aireación del suelo.

Se caracteriza por tres formas:

a) contenido de  $O_2$  y otros gases en el suelo

b) velocidad de difusión del  $O_2$

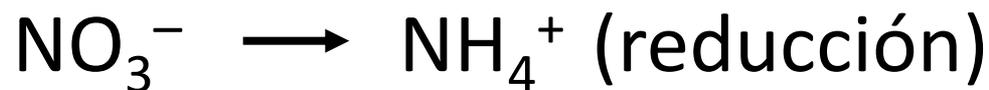
c) medida del potencial redox.

La fig 1 caracteriza variación del contenido de  $O_2$  en función de profundidad y  $H^{\circ}$ .

La fig 2 es la relación entre contenido de  $O_2$  del suelo y su Eh( potencial redox)

# Potencial de óxido-reducción del suelo (Eh)

- El potencial de óxido-reducción (potencial redox) es el potencial eléctrico que resulta del transporte de electrones entre un *dador* y un *aceptor*.
- Las reacciones redox en el suelo afectan fundamentalmente al O<sub>2</sub>, N, Fe, Mn, C.



## Relación entre el valor de Eh y los procesos del suelo.

Eh aproximado (mV)	Condiciones
900 – 450	<b>Aerobiosis</b> :El O <sub>2</sub> está presente en una proporción elevada, tanto en forma gaseosa como en la solución del suelo. La nitrificación es intensa y la materia orgánica se degrada
450 – 0	<b>Anaerobiosis facultativa</b> : oxígeno desciende por debajo de niveles críticos. La degradación de la materia orgánica es muy lenta.

## Factores que afectan la aireación :

- Drenaje del exceso de agua del suelo: determina el status de aireación.
- Volumen de macroporos del suelo:
- Concentración de  $O_2$  y  $CO_2$  : afectados por la descomposición de residuos
- Aplicaciones excesivas de residuos orgánicos
- El subsuelo es deficiente en  $O_2$  vs capa arable

# Efectos de la aireación del suelo.

- En el ataque microbial de residuos orgánicos :



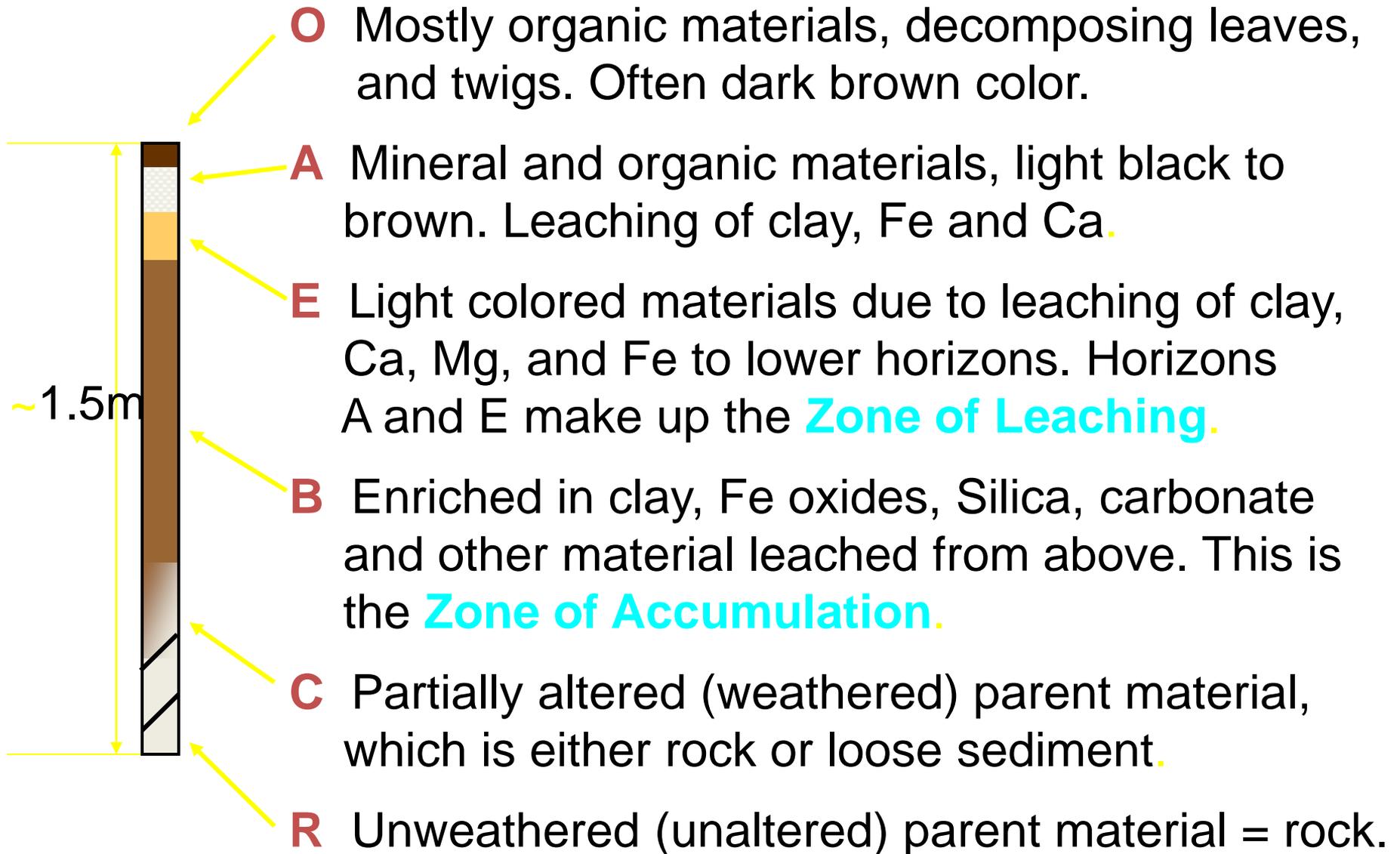
- Oxido reducción de los elementos inorgánicos

*Formas oxidadas* son preferibles en suelos ácidos de regiones húmedas,

*Formas reducidas* son preferidas en suelos de regiones secas.

- El color de los suelos está influenciado por condiciones de aireación
- Agua y nutrientes : deficiencia de oxígeno no permite la absorción de agua y nutrientes.

# Soil Horizons



# Horizonte Orgánico

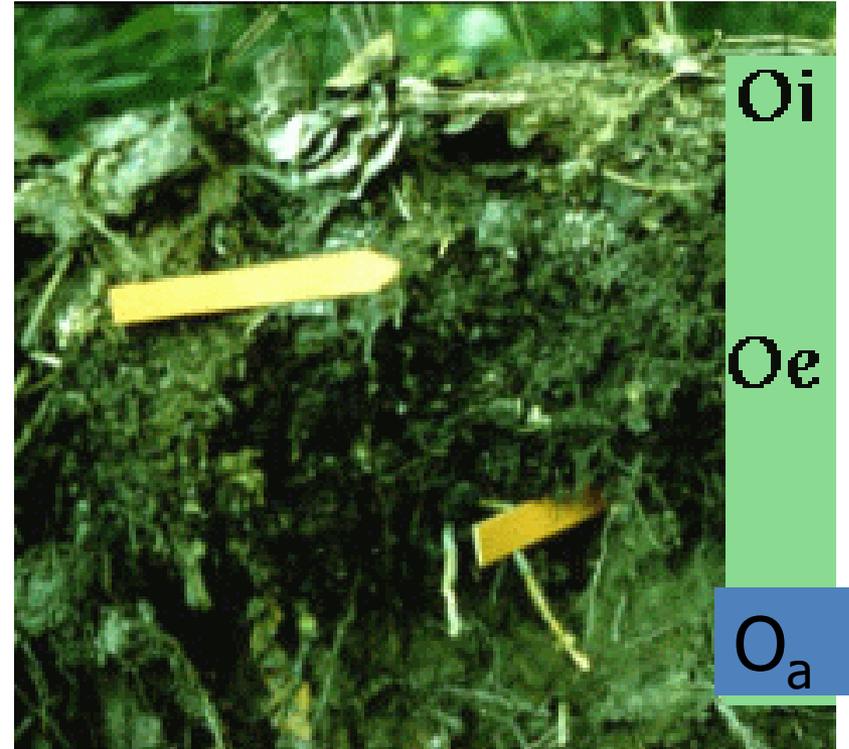
## Horizonte O:

Se desarrolla en suelos forestales donde es posible la acumulación de las hojas. Los subíndices indican descomposición :

i = débil inicial ,

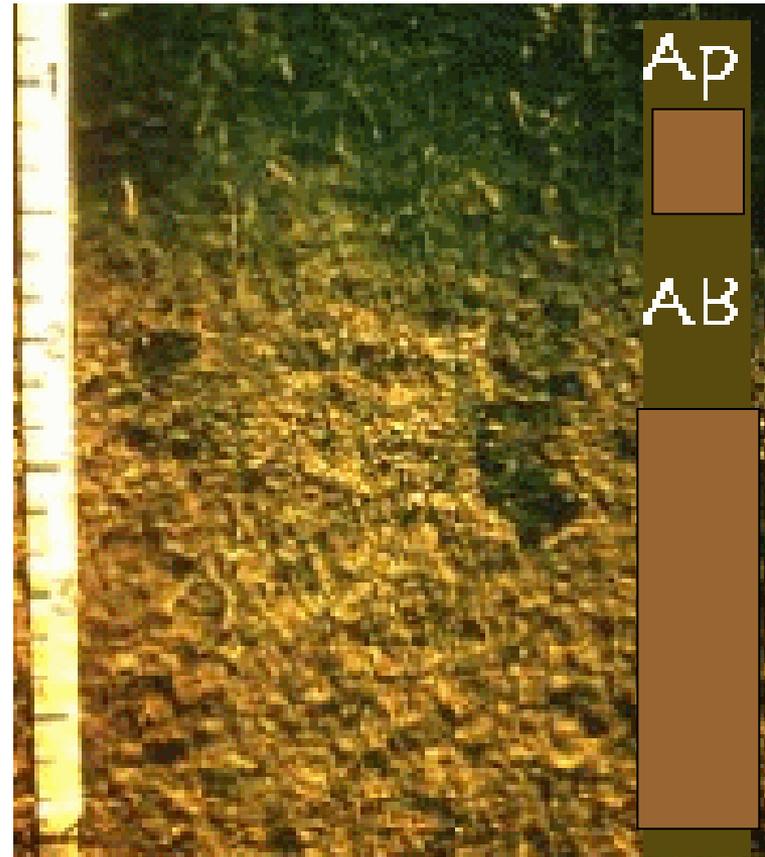
e = evolución

a = avanzada de la m.o.  
del suelo .



# Horizonte A

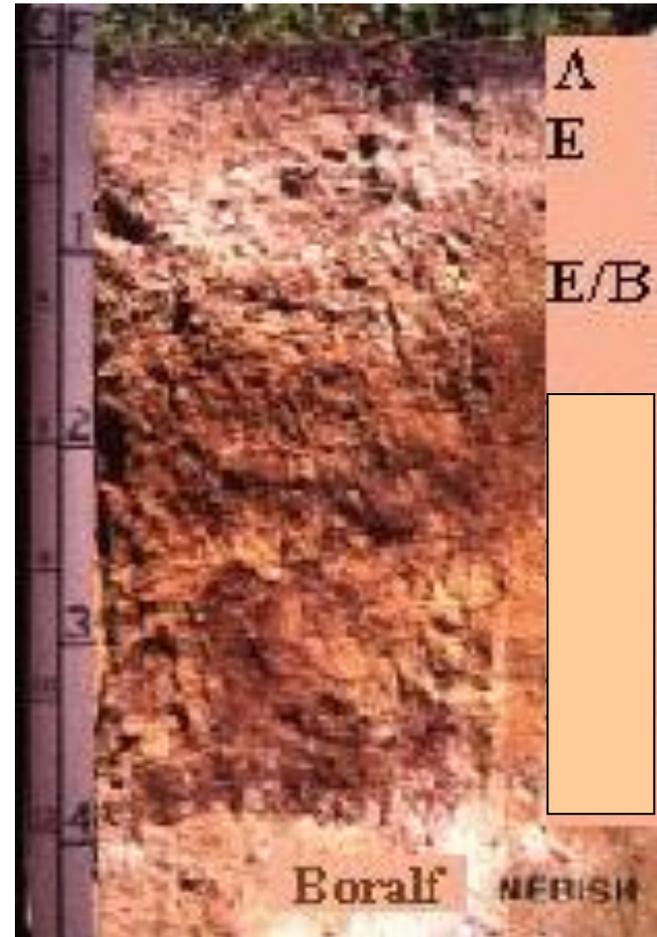
Horizonte A posee color pardo oscuro debido a la presencia de coloides de M.O. El subíndice , p = efectos de la acción antrópica (perturbación o aradura).



# Horizonte E

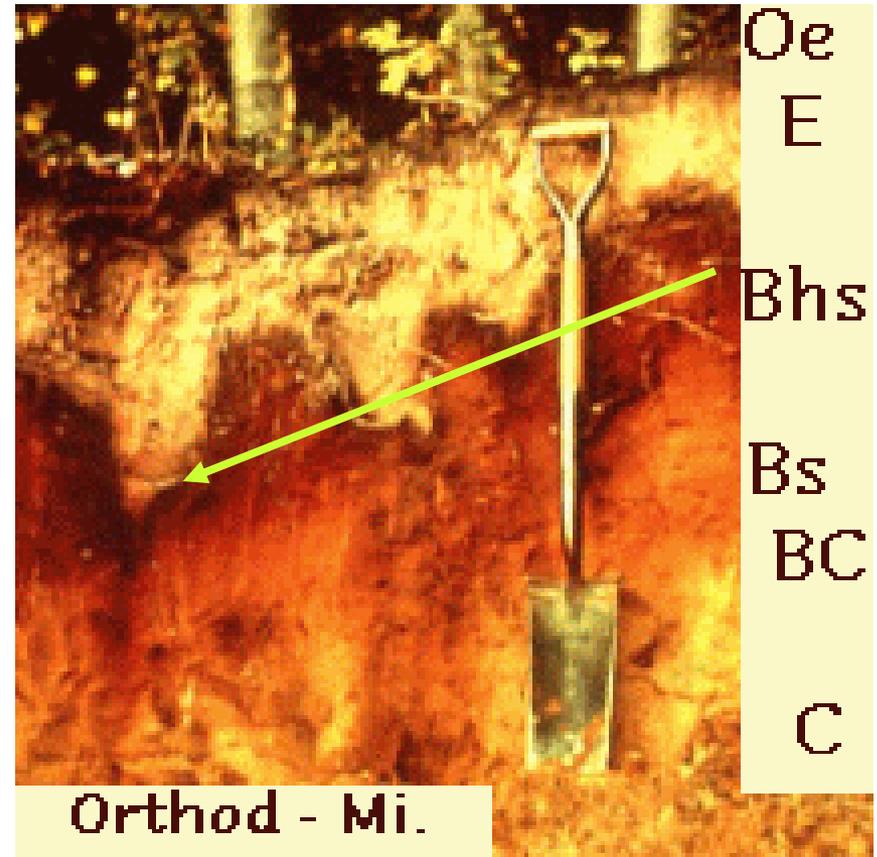
**Horizonte E** ( $A_2$ ) es el horizonte eluvial. La M.O. La M.O. y el hierro son removidos hacia las capas inferiores.

Su coloración es más clara que los horizontes superiores. Común en suelos forestales



# Horizonte B

- Horizonte B es el que recibe y acumula los materiales provenientes del horizonte A.
- En fig. se aprecia la capa de iluvitación de humus y sesquióxidos denominada  $B_{hs}$
- Suelo arenoso y ácido denominado **PODSOL** típico de suelos forestales con coníferas en climas fríos y húmedos.



# Horizonte C

- Horizonte C no es parte de la edafogénesis. Constituido por material original poco alterado.

