



# **MECANICA Y TRATAMIENTO DE SUELOS**

**CLASE 1  
PARTE 2  
ESTRUCTURA DE LOS SUELOS**

**Elab. Dr. Ing. Marcelo Zeballos**



# **SUELOS GRUESOS GRAVAS Y ARENAS**

## **FACTORES DE INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO**

- ▶ **Tamaño de las Partículas**
- ▶ **Forma de las Partículas**
- ▶ **Rugosidad de las Superficies**

### **Videos recomendados:**

[https://www.youtube.com/watch?v=qY\\_PRCmg85E](https://www.youtube.com/watch?v=qY_PRCmg85E)

<https://www.youtube.com/watch?v=-EUQcluC-ZQ>

# SUELOS GRUESOS

## GRAVAS Y ARENAS



### FACTORES DE INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO

- ▶ Tamaño de las Partículas



Gravas



Arenas

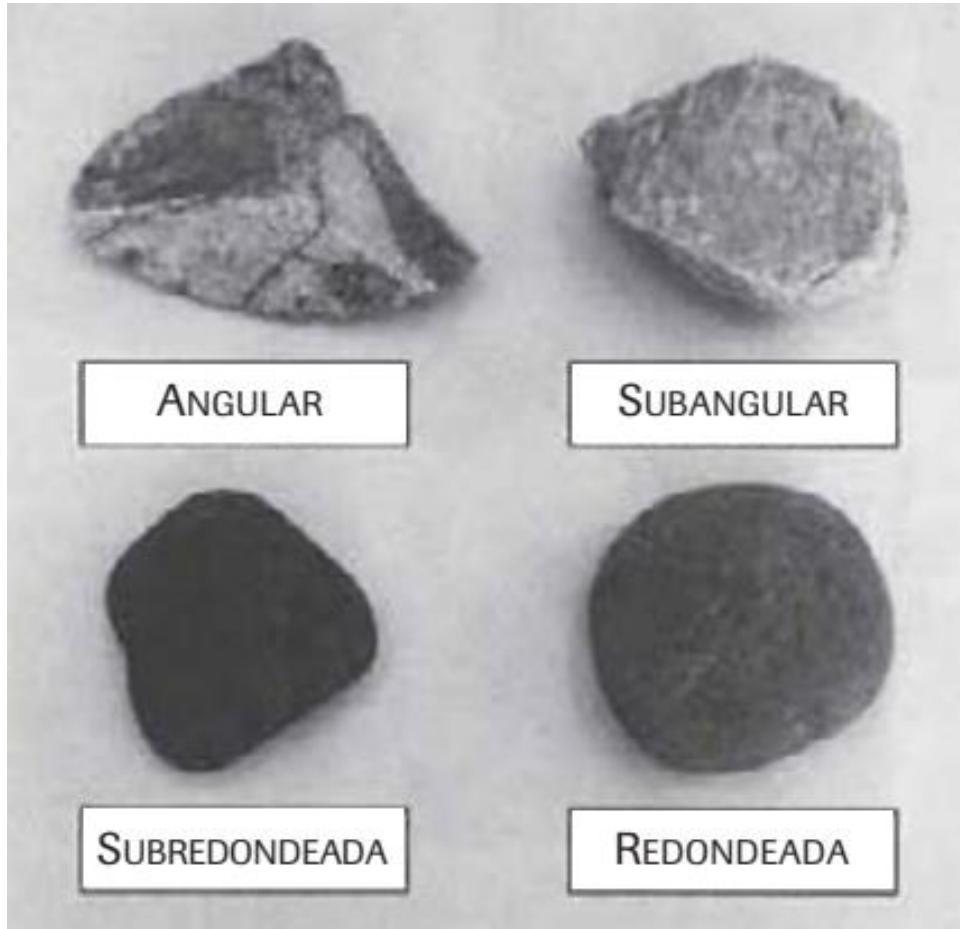


# SUELOS GRUESOS

## GRAVAS Y ARENAS

### FACTORES DE INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO

#### ▶ Forma de las Partículas



Fuente: B.M. Das

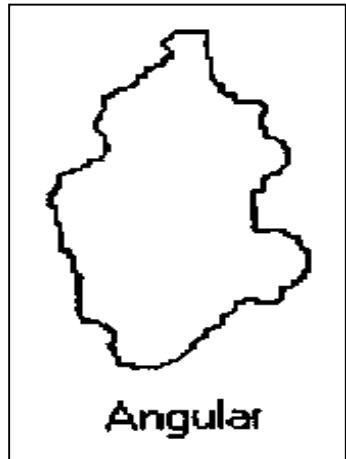


# SUELOS GRUESOS

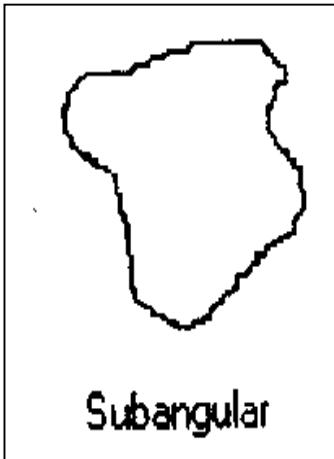
## GRAVAS Y ARENAS

### FACTORES DE INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO

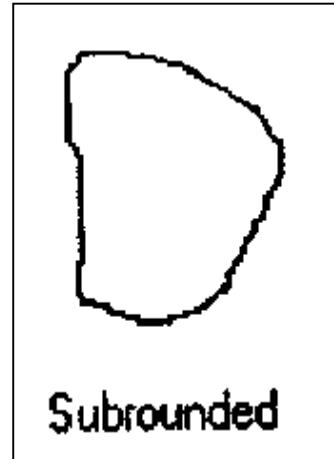
#### ▶ Forma de las Partículas



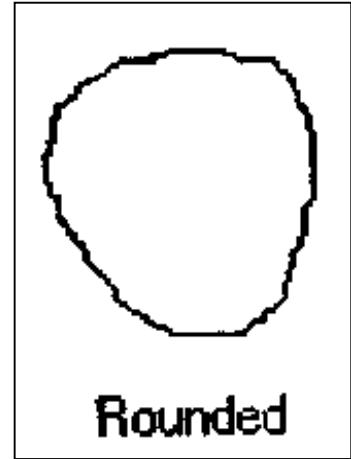
Angular



Subangular



Subrounded



Rounded

# **SUELOS GRUESOS**

## **GRAVAS Y ARENAS**



### **FACTORES DE INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO**

- ▶ **Rugosidad de las Partículas**

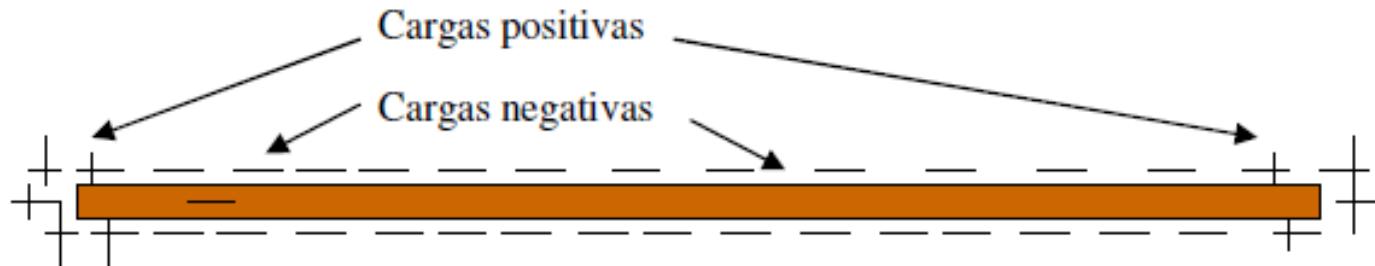




# SUELOS FINOS (Arcillas)

## Características físico - químicas de una partícula de arcilla

La superficie de toda partícula de arcilla conlleva una carga eléctrica negativa, cuya intensidad depende de sus características mineralógicas y de su tamaño.



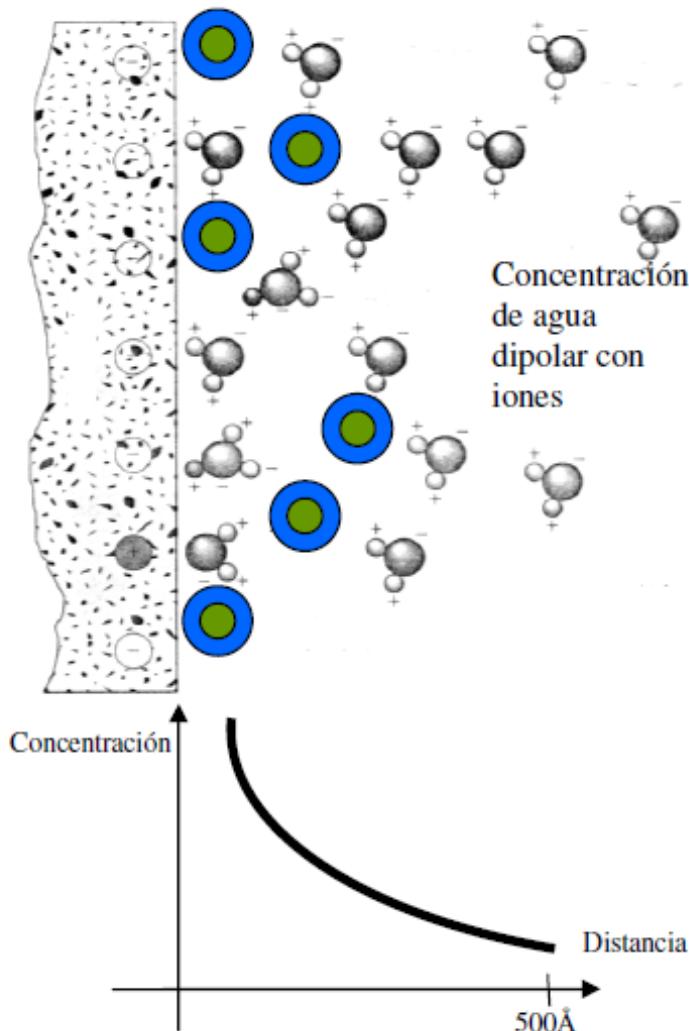
La forma de lámina de las partículas de arcilla hacen que las mismas tengan una gran cantidad de cargas eléctricas.

Estas cargas eléctricas, se reducen en su cantidad a medida que el tamaño de las partículas aumenta y cambian de forma, partículas no laminares, esféricos o prismáticas y que presentan una menor superficie expuesta (superficie específica), conllevan una menor carga eléctrica.



# SUELOS FINOS (Arcillas)

## Doble capa difusa



El agua adsorbida juntamente con el agua absorbida junto a la partícula de arcilla, forman lo que se llama la “Doble Capa Difusa” que tiene una concentración de iones y de moléculas de agua dipolar, muy grande en las cercanías de la lámina y que después decrece fuertemente hasta llegar a una distancia de 400 Å.

### Importancia del tipo de cationes:

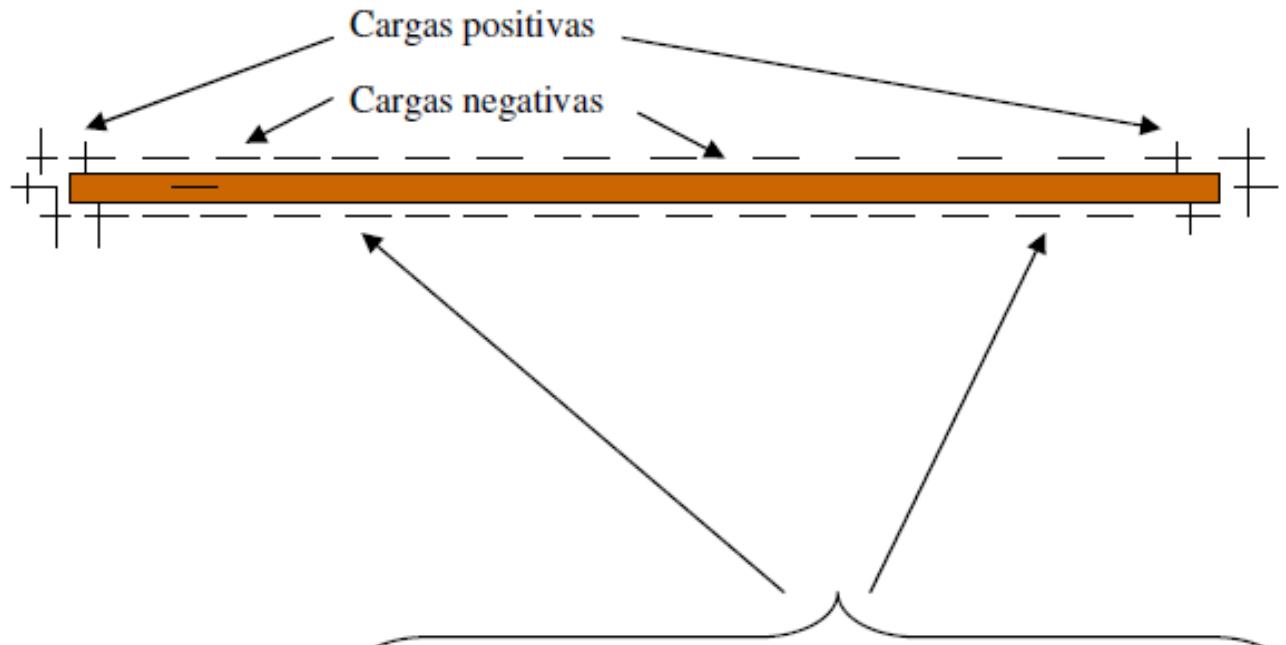
Dos cationes de  $\text{Na}^+$  tienen un volumen de  $390 \text{ \AA}^3$ . Por lo tanto si están adheridos a una lámina de arcilla forman una doble capa difusa de un espesor importante y tienen una unión muy débil (monovalente).

En cambio Un cation  $\text{Ca}^{++}$  tiene un volumen de  $288 \text{ \AA}^3$  con lo cual la doble capa disminuye y en la superficie del cristal de arcilla reemplaza a dos iones de  $\text{Na}^+$  con una unión mucho mayor



# SUELOS FINOS (Arcillas)

La evaluación de la cantidad de cargas eléctricas de un suelo, expresado en función de su masa (peso) constituyen lo que se llama la CAPACIDAD DE CAMBIO y se mide en miliequivalente x 100 grs (m.eq.x100)



Iones de cambio:  $\text{Fe}^{+++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ba}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$



# SUELOS FINOS (Arcillas)

**Asociación entre las cargas eléctricas y la superficie específica de los suelos finos**

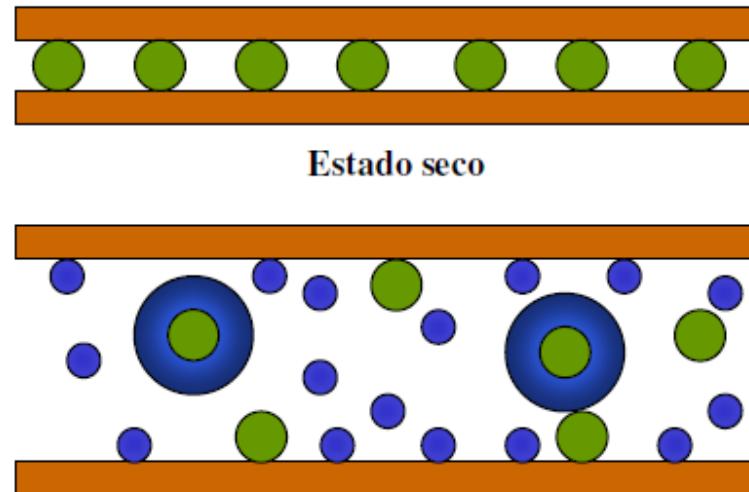
Tipo de Arcilla	Capacidad de cambio	Superficie específica
	Miliequivalente x 100 gr	m <sup>2</sup> /gr
Caolinita	2,2 a 15	15
Halloysita	10 a 50	60
Illita	10 a 50	50
Sepiolita	20 a 35	100 a 240
Montmorillonita	80 a 200	80 a 900

**Iones de intercambio:** Na<sup>+</sup> Ca<sup>++</sup> Mg<sup>++</sup> Al<sup>+++</sup> Fe<sup>+++</sup>

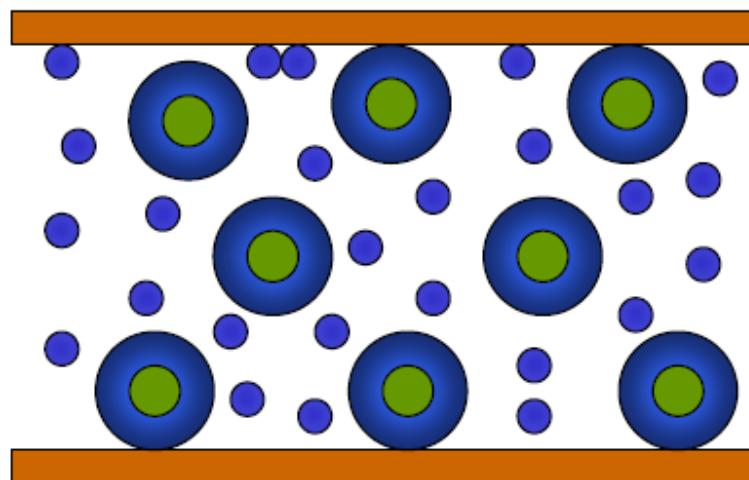


# SUELOS FINOS (Arcillas)

Cation	Radio no hidratado (Å)	Radio hidratado(Å)
$\text{Li}^+$	0.68	3.8
$\text{Na}^+$	0.95	3.6
$\text{K}^+$	1.33	3.3
$\text{Cs}^+$	1.69	3.3
$\text{Be}^{2+}$	0.31	4.6
$\text{Mg}^{2+}$	0.65	4.3
$\text{Ca}^{2+}$	0.99	4.1
$\text{Ba}^{2+}$	1.35	
$\text{Al}^{3+}$	0.5	4.8
$\text{Fe}^{3+}$	0.6	



Estado seco



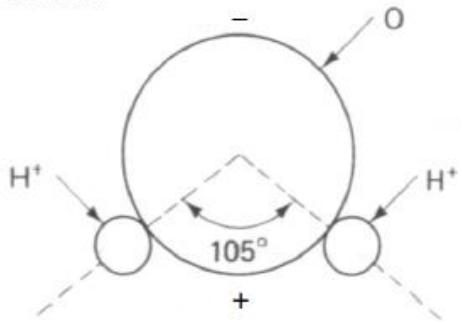
A medida que la arcilla absorbe agua del exterior la misma se ubica en las caras de los cristales e hidrata a los cationes haciéndoles variar el diámetro y por lo tanto cambian la distancia entre las partículas. La cantidad de moléculas de agua que ingresará, dependerá de la cantidad de cargas negativas disponibles que tenga la partícula de arcilla



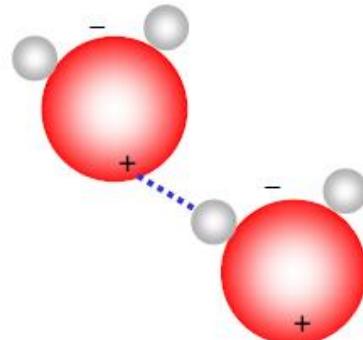
# SUELOS FINOS

## Estructura de la molécula de agua

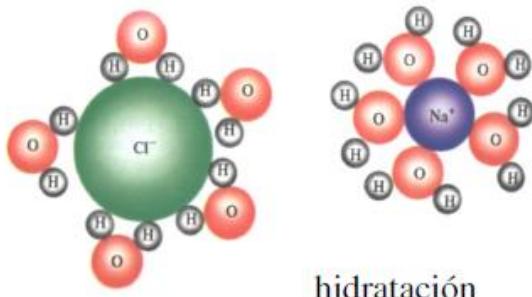
Estructura



Ligazón del Hidrógeno



Solución salina



hidratación

Cationes	Non-hydrated radius (Å)	Hydrated radius (Å)
$\text{Li}^+$	0.68	3.8
$\text{Na}^+$	0.95	3.6
$\text{K}^+$	1.33	3.3
$\text{Cs}^+$	1.69	3.3
$\text{Be}^{2+}$	0.31	4.6
$\text{Mg}^{2+}$	0.65	4.3
$\text{Ca}^{2+}$	0.99	4.1
$\text{Ba}^{2+}$	1.35	
$\text{Al}^{3+}$	0.5	4.8
$\text{Fe}^{3+}$	0.6	



# SUELOS FINOS

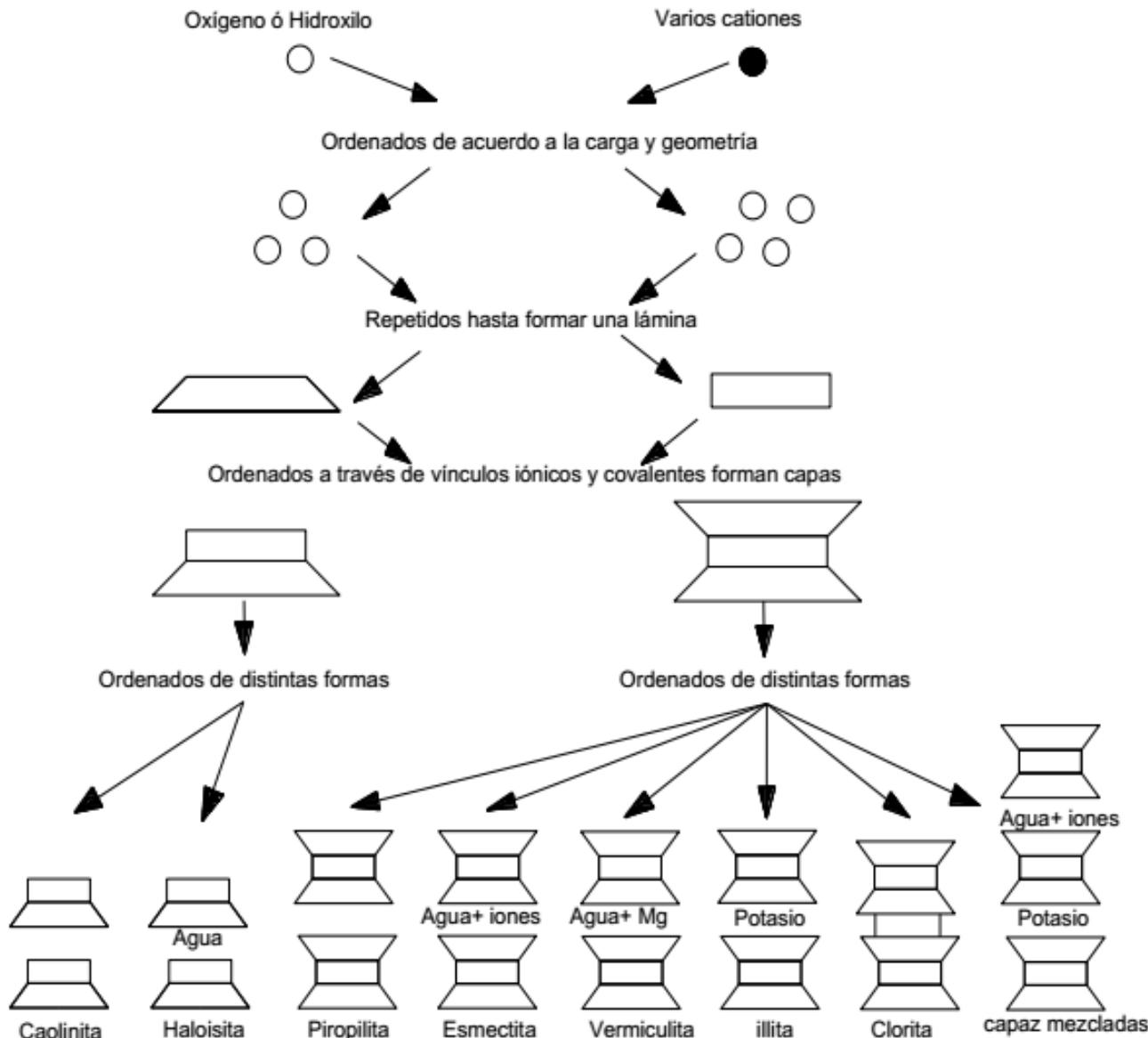
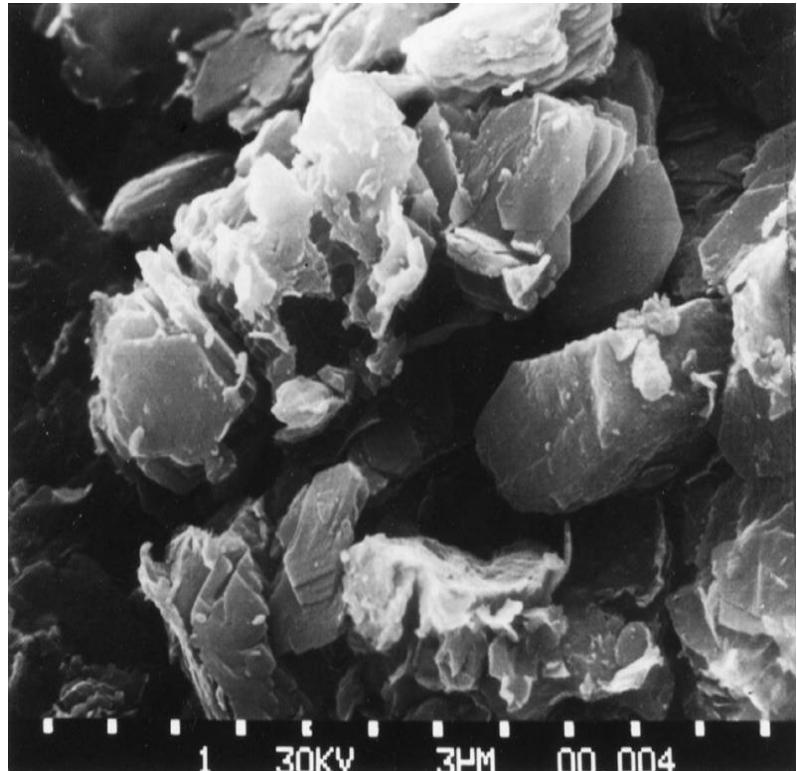
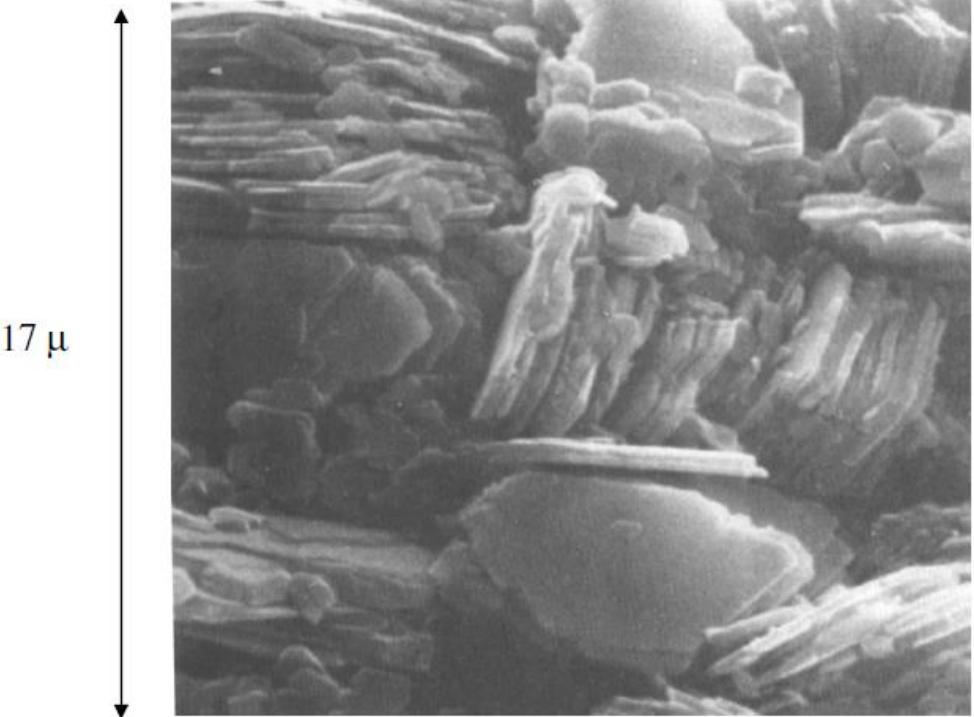


Figura 2.2 Minerales Arcillosos. Modificado (Mitchell y Soga, 2005)



# SUELOS FINOS (Arcillas)

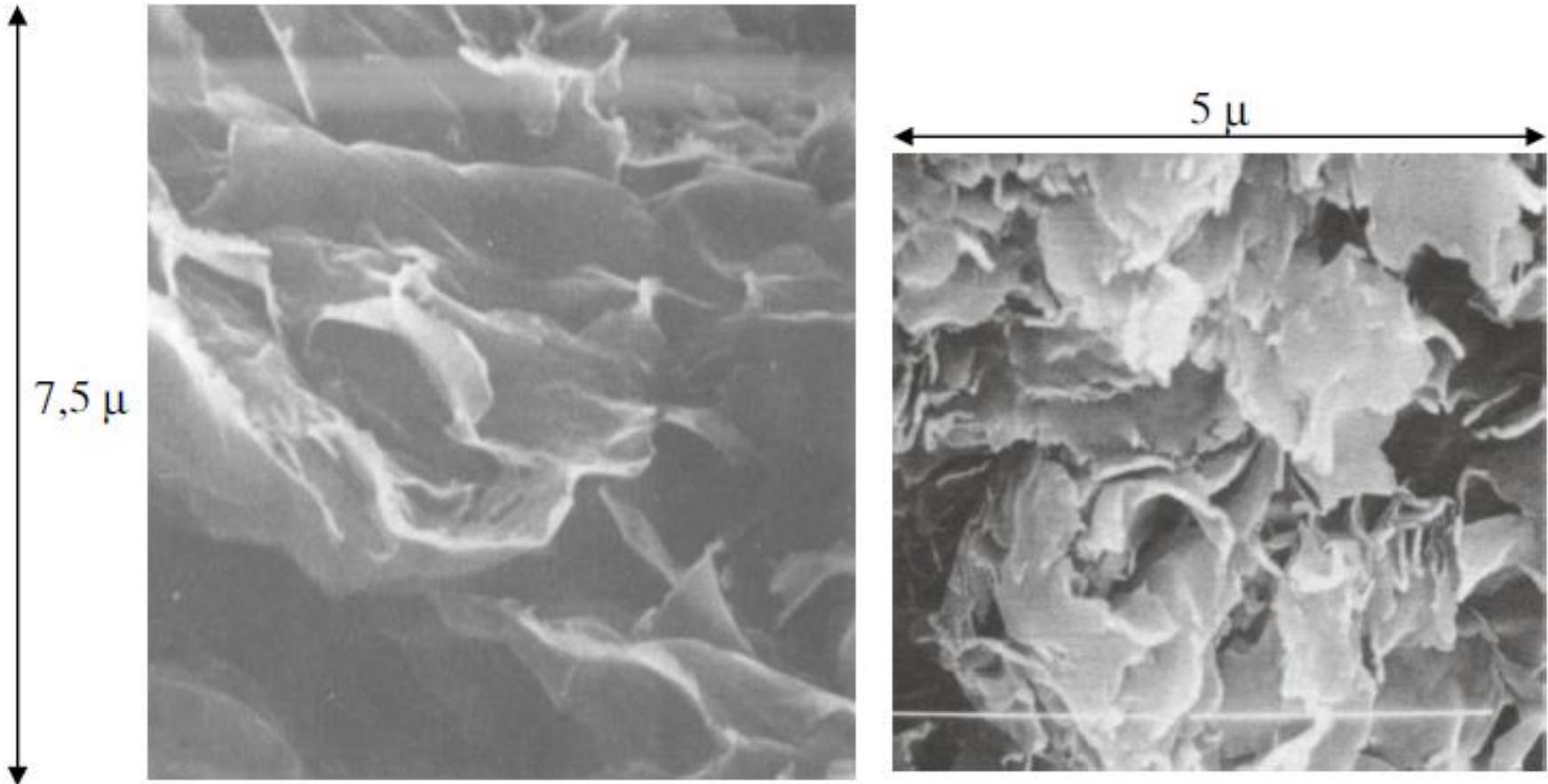
Partículas de arcilla (Kaolinita)



Scanning electron  
micrograph of a kaolinite  
specimen  
(U.S. Geological Survey)



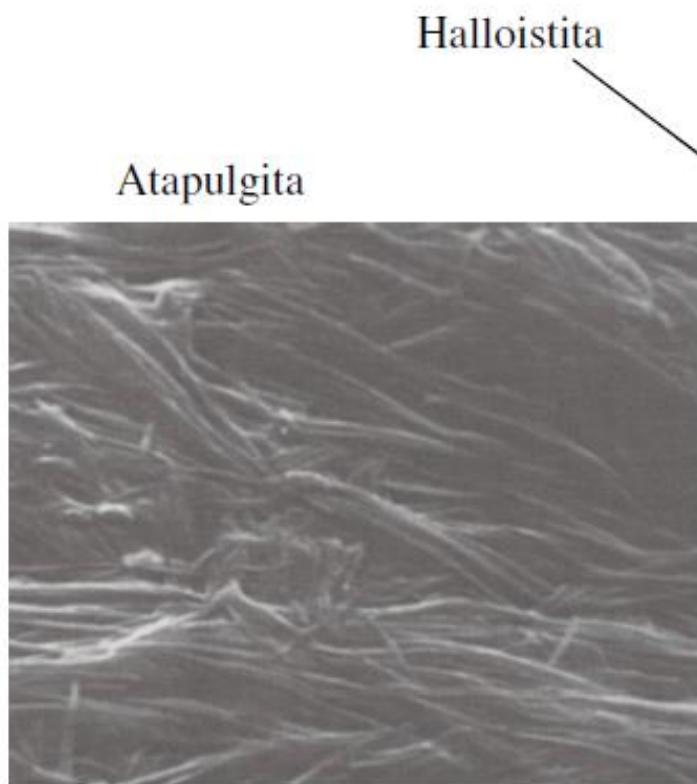
# SUELOS FINOS (Arcillas)



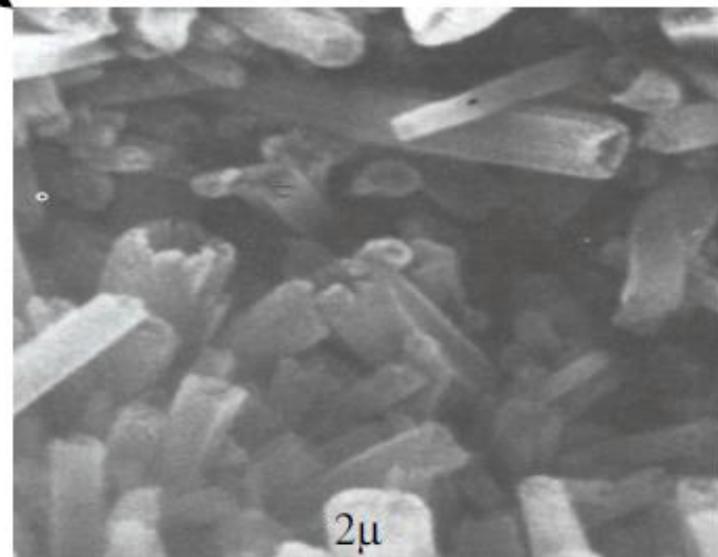
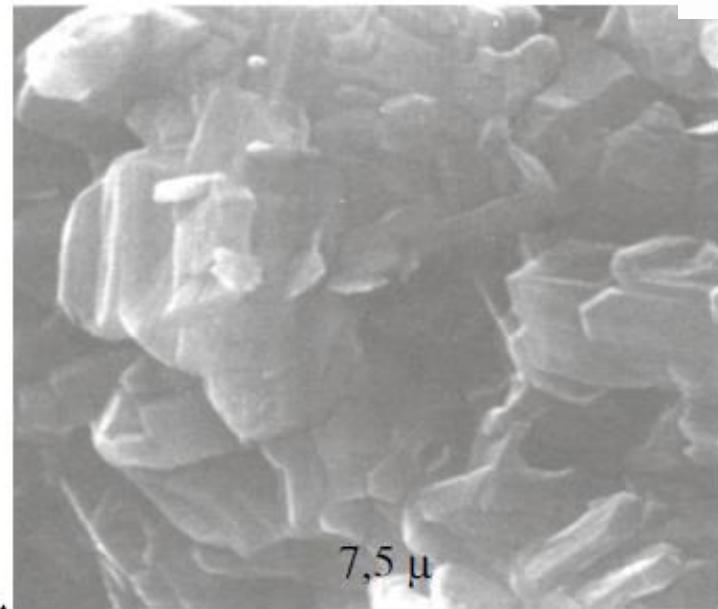
**Bentonita (Montmorillonita)**

# SUELOS FINOS (Arcillas)

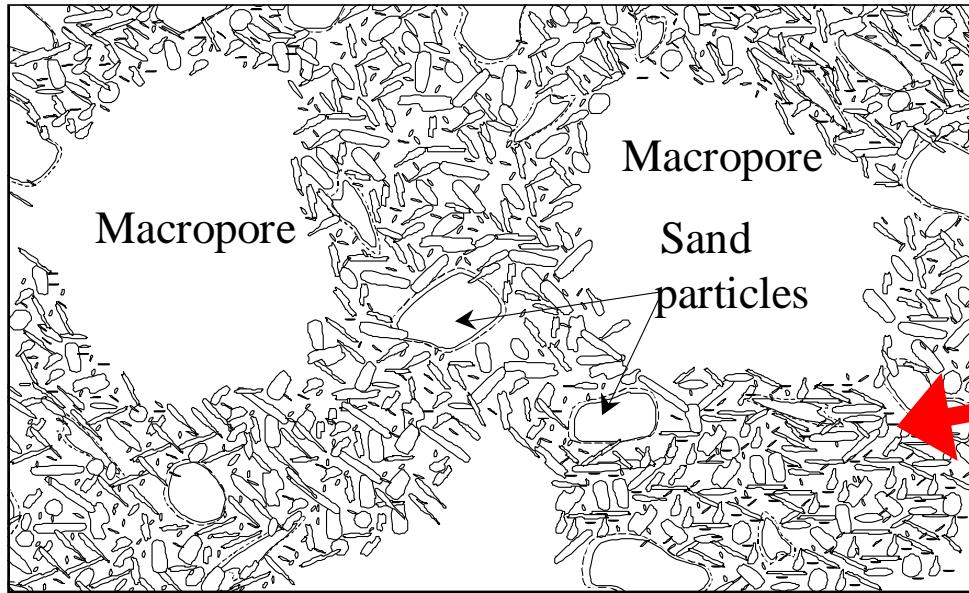
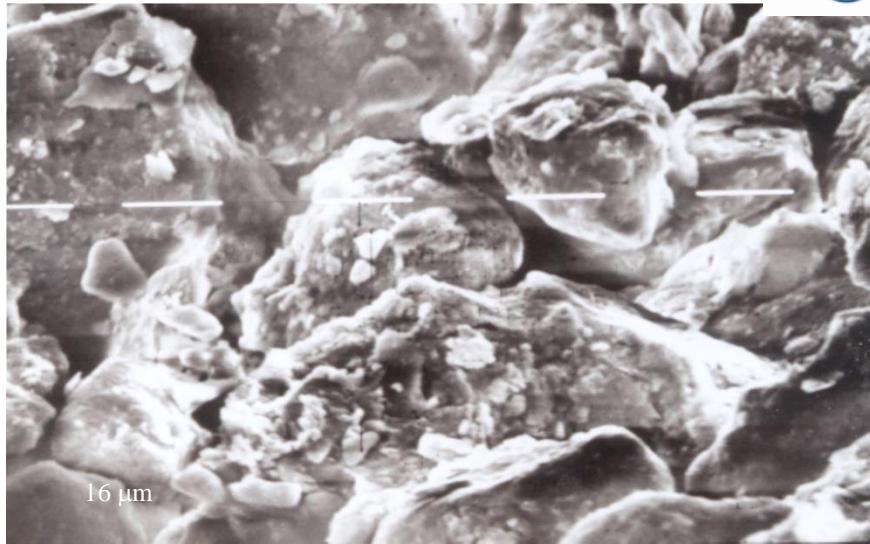
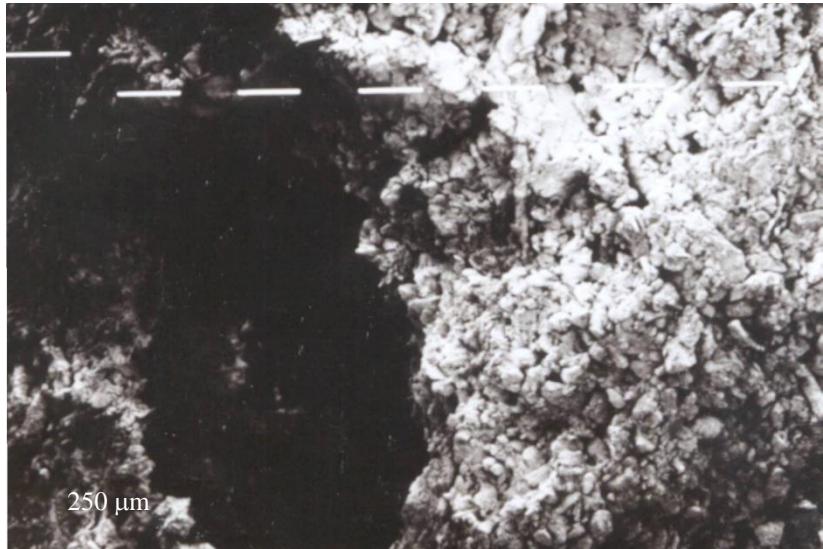
## Minerales de arcilla



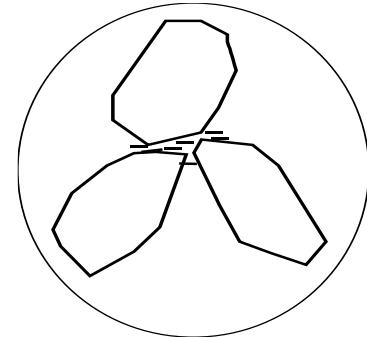
Illita



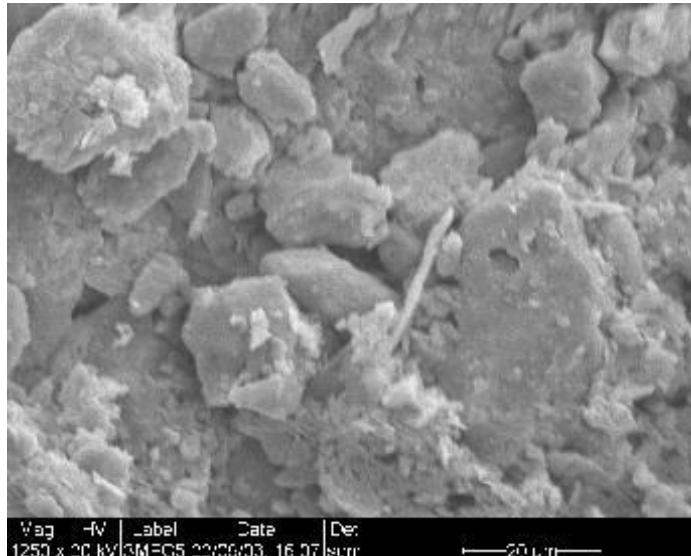
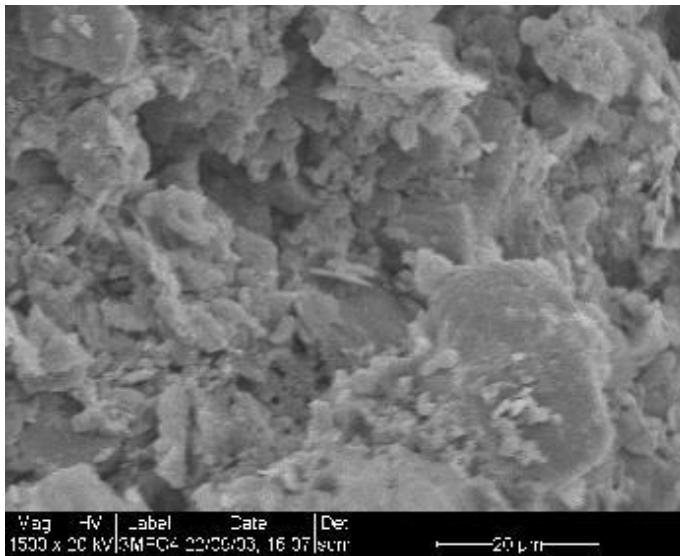
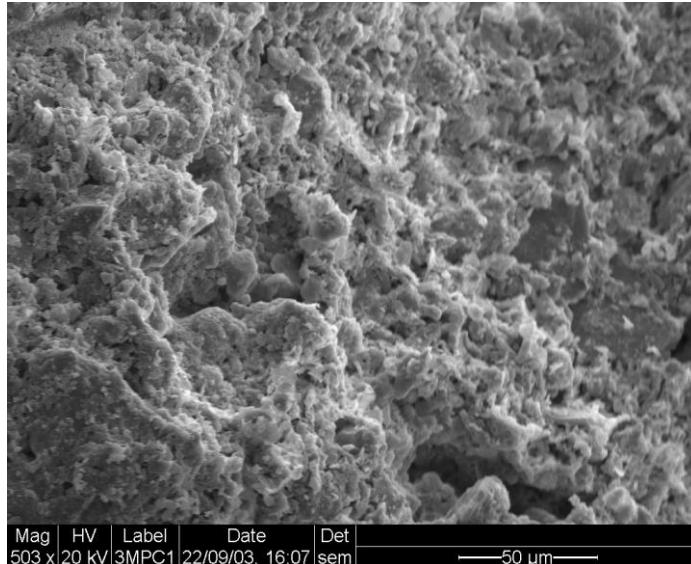
# SUELOS COLAPSABLES - LOESS CORDOBA



## Organización Estructural Loess



# SUELOS COLAPSABLES - LOESS CORDOBA





# **ORGANIZACION DE LAS PARTICULAS**



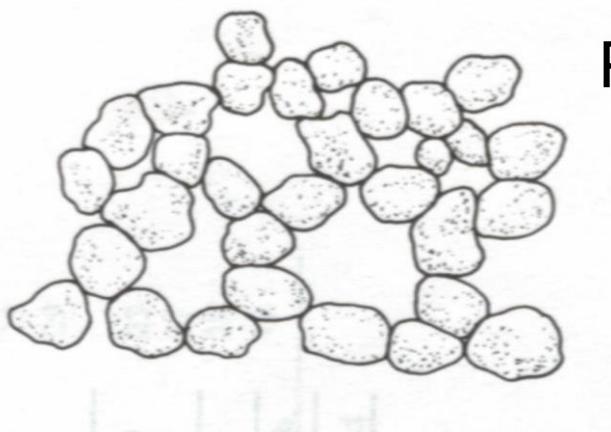
# SUELOS GRUESOS.

Acomodamiento → Densidad Relativa  $D_r$

Empaquetamiento  
Suelto



Empaquetamiento  
Denso



Panal

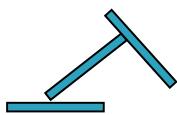
- Estructura metastable
- Limos loéssicos
- Elementos cementantes entre partículas gruesas



# SUELOS FINOS (Arcillas – Limos)

## Floculada (Baja humedad)

- Predominan fuerzas electroquímicas de vinculación.
- Alta rígidez y resistencia.



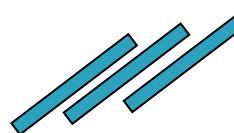
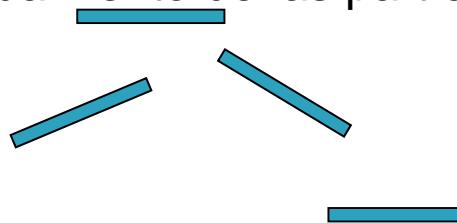
**Borde con Cara**



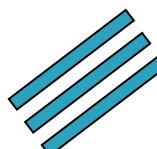
**Borde con Borde**

## Dispersa (Alta humedad)

- La doble capa difusa altamente desarrollada.
- Debilidad resistente en el plano de acomodamiento de las partículas



**Cara con Cara  
Desplazadas**

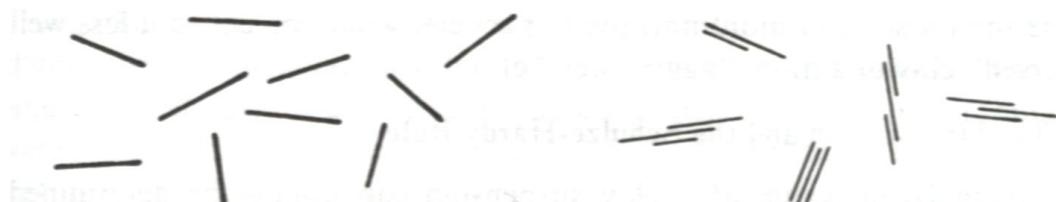


**Cara con Cara**



# ASOCIACION DE PARTICULAS (Ejemplos estados combinados)

Dispersa y defloculada



Agregada y defloculada



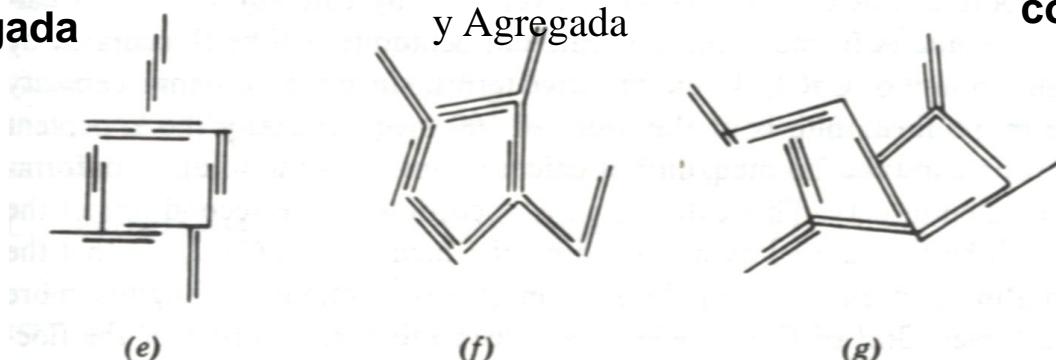
borde-con-cara  
floculada y dispersa

Borde con borde  
floculada pero dispersa

Borde con Cara  
Floculada y Agregada

Borde con borde Floculada  
y Agregada

Borde con cara y borde  
con borde floculada y  
agregada



van Olphen, 1991



# ASOCIACION DE PARTICULAS (Ejemplos estados combinados)

Individual clay  
platelet interaction



(a)

Individual silt or  
sand particle  
interaction



Clay platelet  
group interaction



(c)

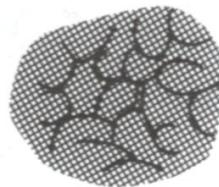


Clothed silt or sand  
particle interaction



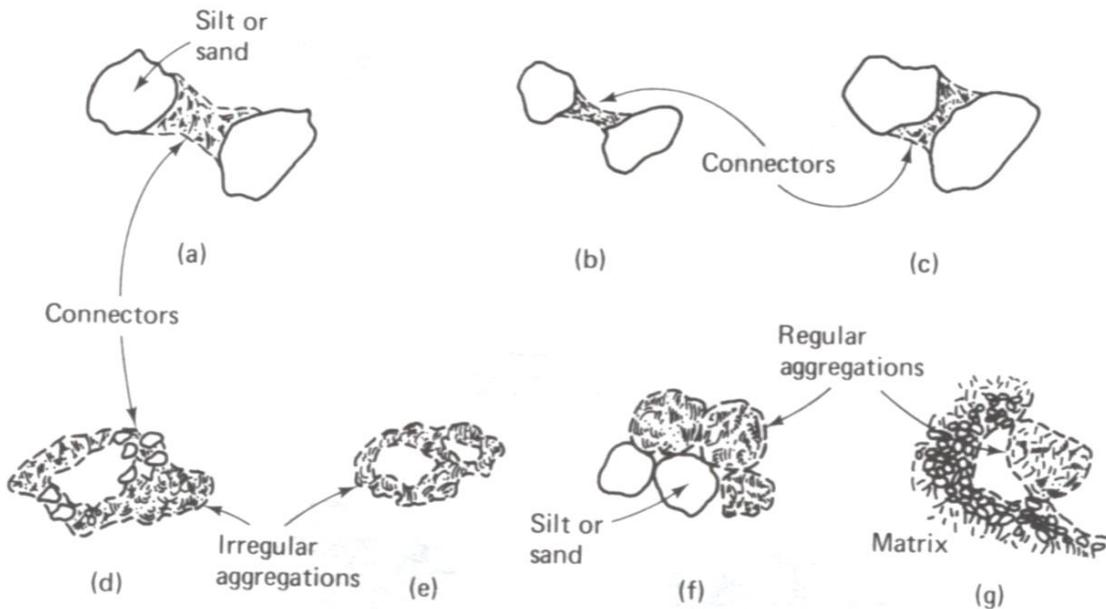
(d)

Particle discernible



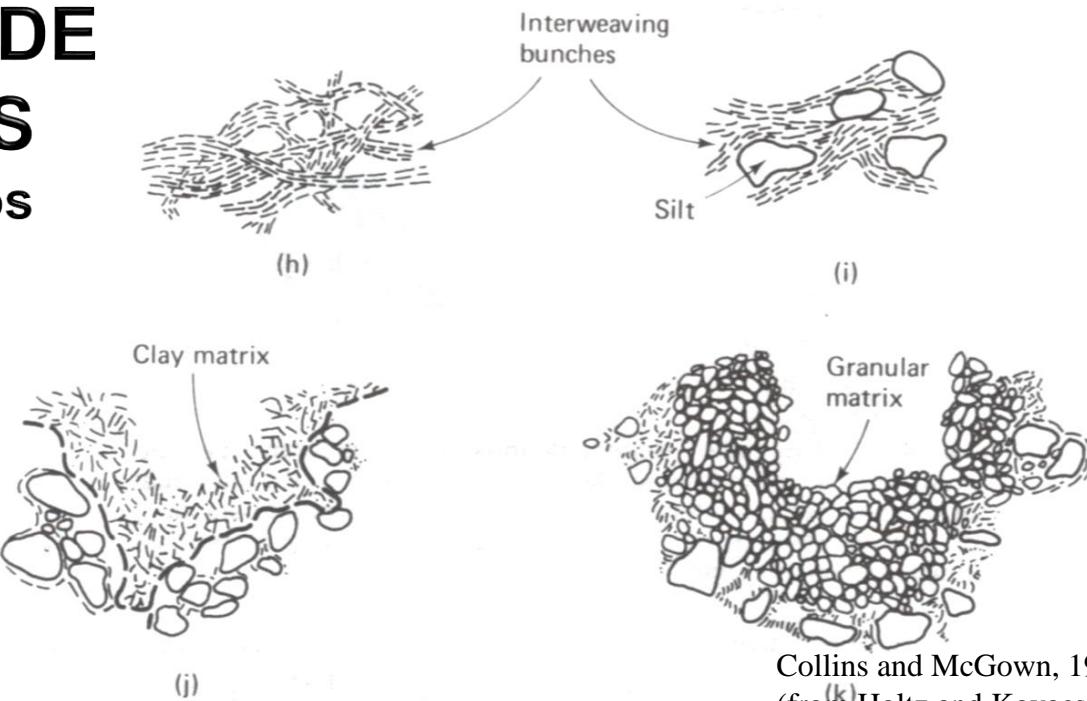
(e)

Collins and McGown, 1974  
(from Holtz and Kovacs, 1981)



# ASOCIACION DE PARTICULAS

## (Ejemplos estados combinados)



Collins and McGown, 1974  
(from Holtz and Kovacs, 1981)