

Mineralogía Sistemática

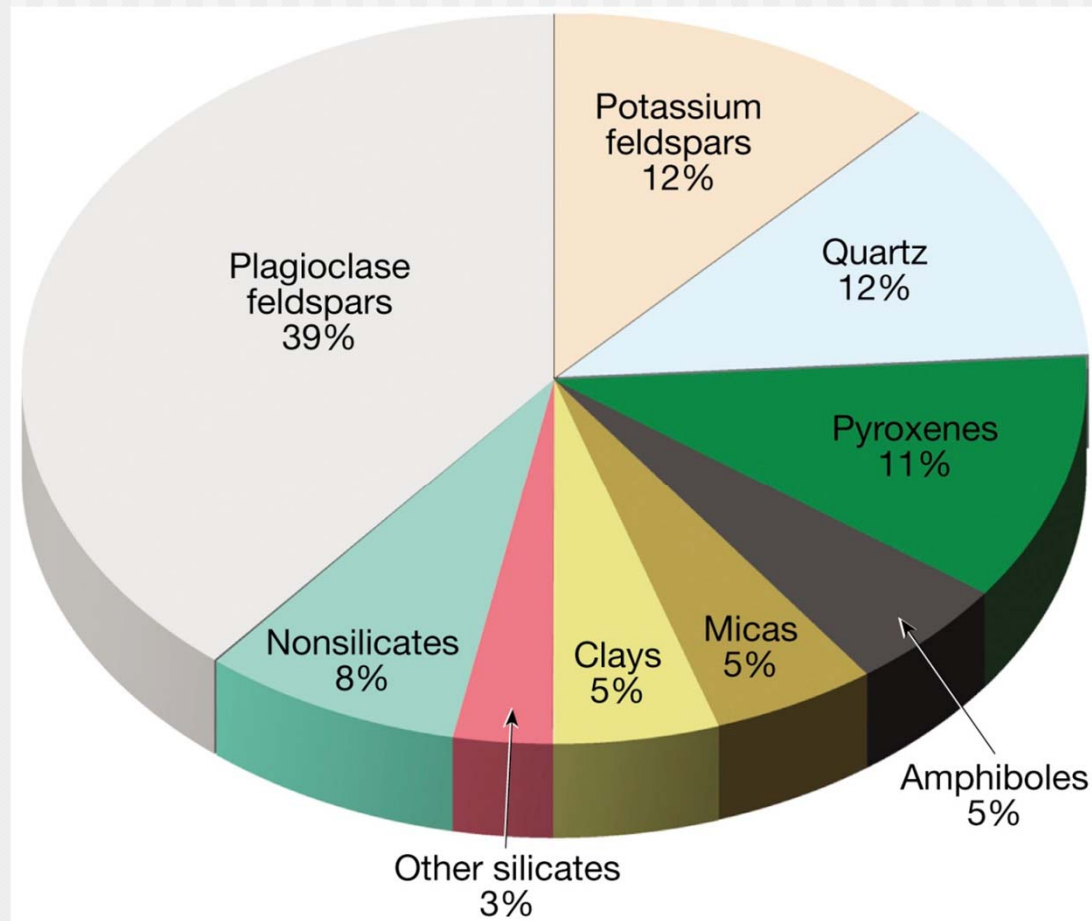
Minerales

- Existen descritos más de 3500 especies minerales (sin incluir variedades)
- Sin embargo, solo unos cuantos son importantes en cuanto a su frecuencia
- Otros muchos son importantes desde diversos puntos de vista (economía, tecnología, propiedades, etc.)

Grupos Minerales

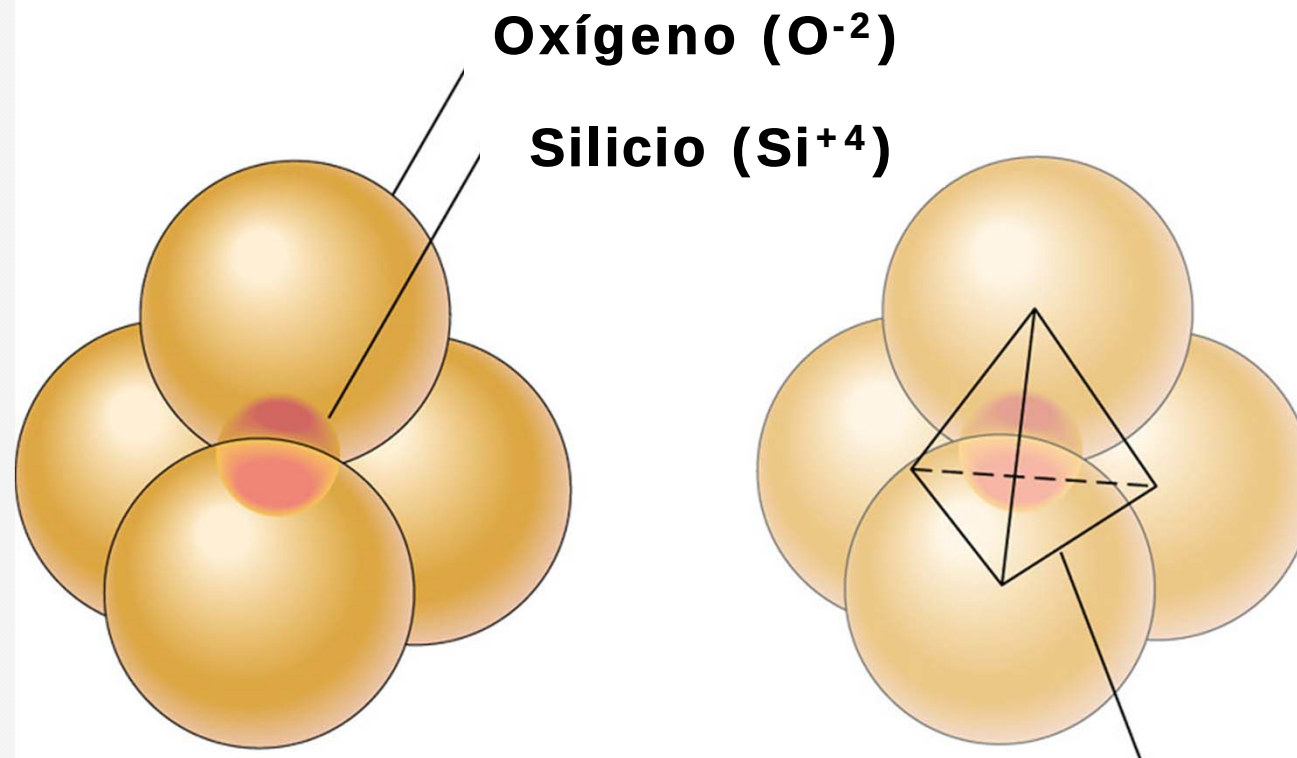
- Elementos nativos
- Óxidos e hidróxidos
- Haluros
- Sulfuros
- Carbonatos
- Sulfatos
- Silicatos
- Otros (fosfatos, vanadatos, molibdatos, wolframatos,...)

Abundancia de Silicatos



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Tetraedro de Silicio: SiO_4 (carga neta: -4)

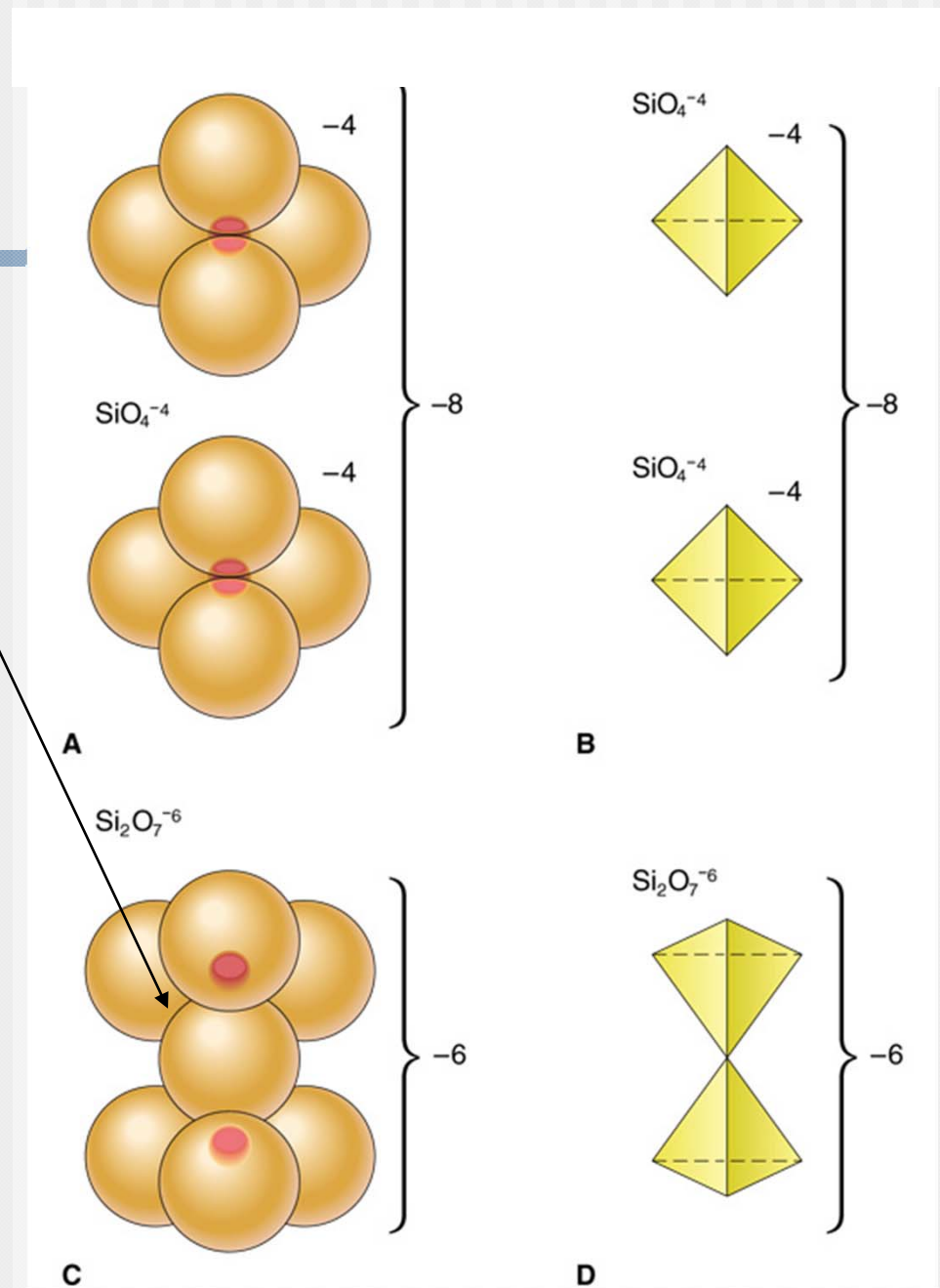


**Ordenamiento de
átomos de O alrededor
de un átomo de Si**

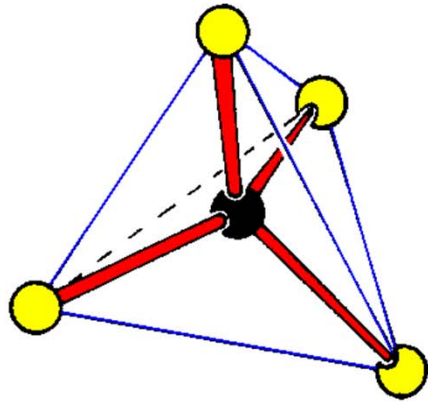
**Poliedro de
coordinación**

Oxígeno compartido (OC)

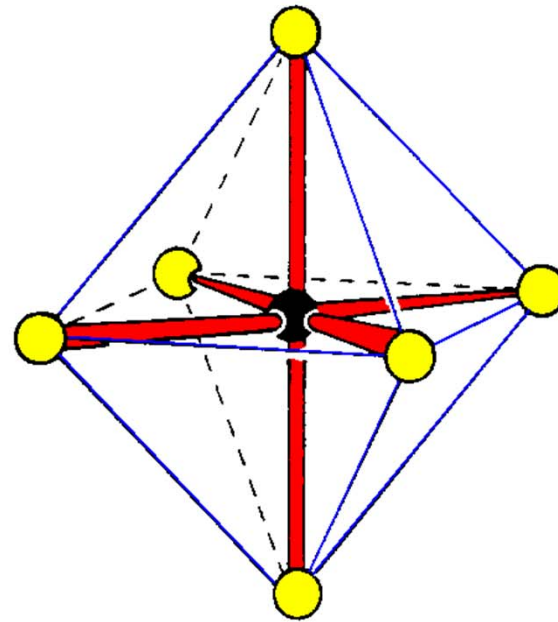
- Las estructuras de los silicatos se caracterizan por el número de OC's por cada átomo de Si.
- Cuanto mayor sea OC/Si, más compleja y polimerizada estará



Poliedros de Coordinación



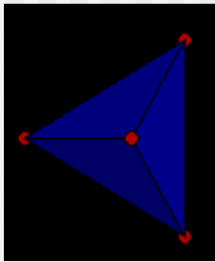
1.62 Å
2.64 Å



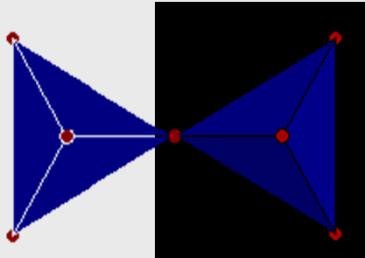
$\langle d(\text{Si}-\text{O}) \rangle$
 $\langle d(\text{O} \cdots \text{O}) \rangle$

1.77 Å
2.50 Å

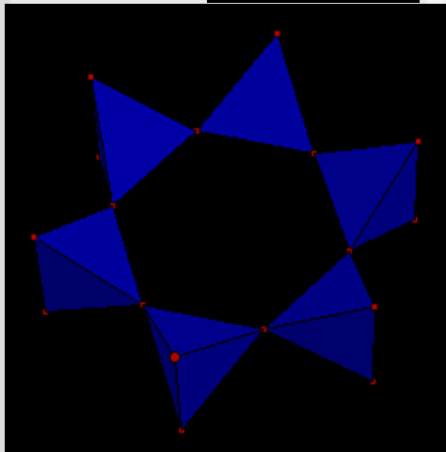
Estructuras Minerales



- $[\text{SiO}_4]^{4-}$ Tetraedros independientes
Nesosilicatos (Ejemplos: olivino, granates)

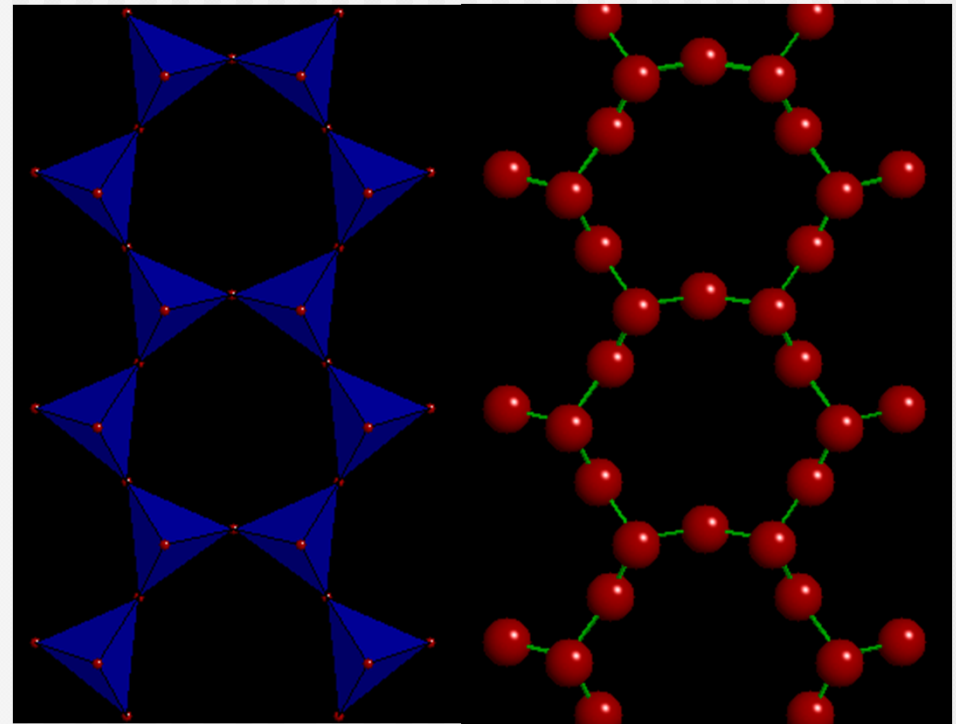
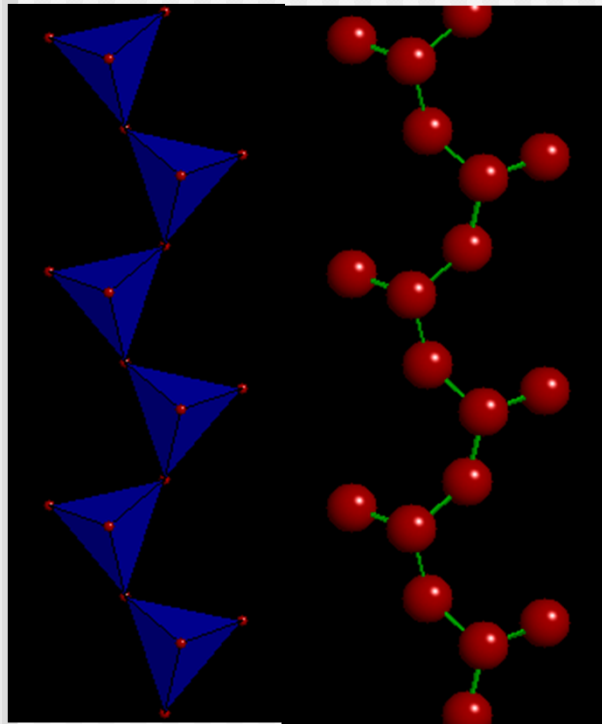


- $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ Tetraedros dobles **Sorosilicatos**
(Ejemplos: lawsonita)



- $n[\text{SiO}_3]^{2-}$ $n = 3, 4, 6$
Ciclosilicatos (Ejemplos: benitoita
 $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$, axinita $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{BO}_3[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{OH}$, berilo
 $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

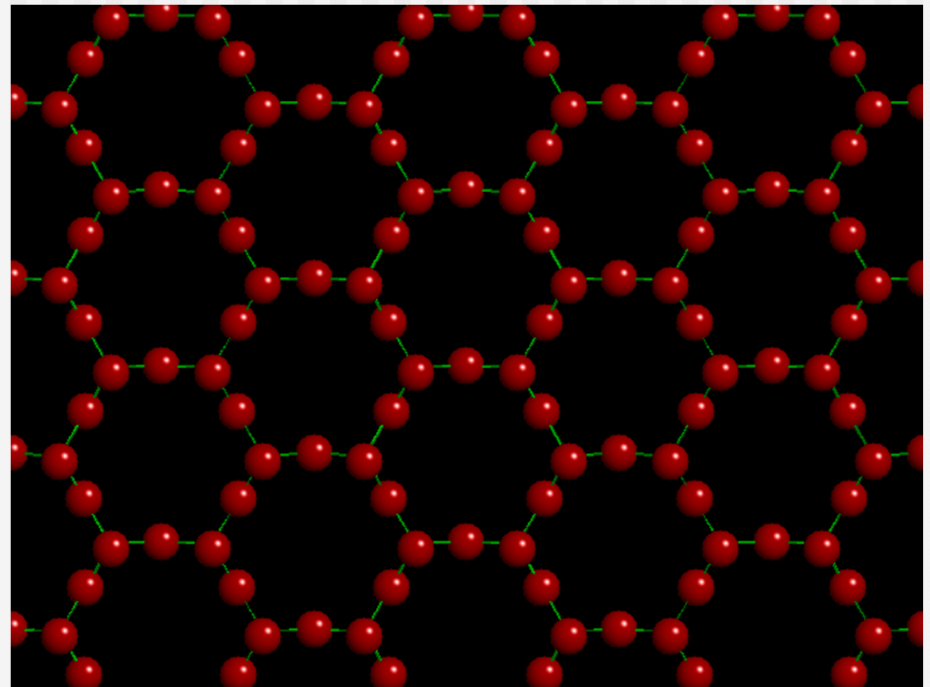
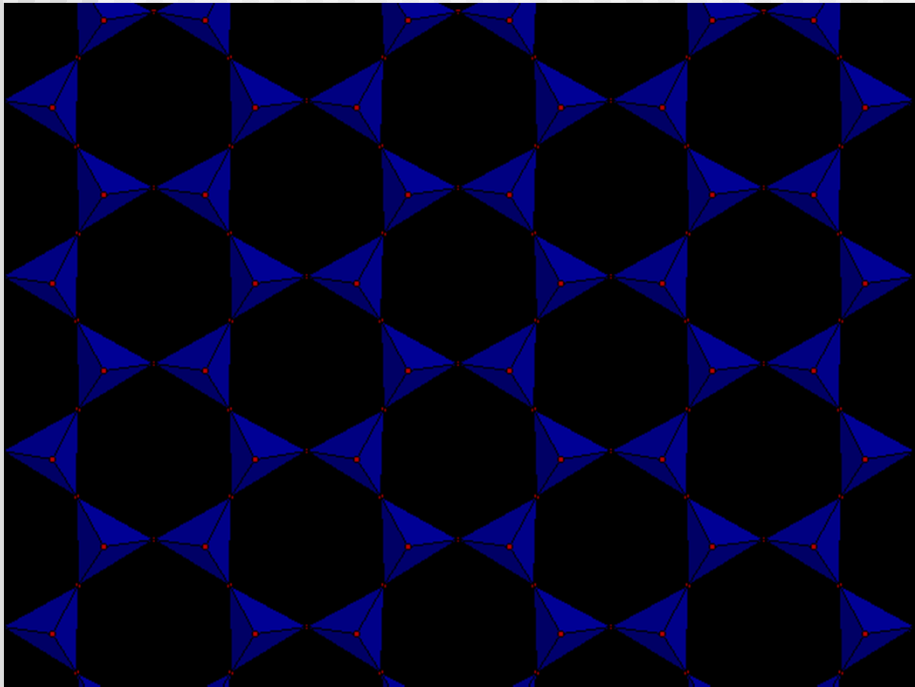
Estructuras Minerales



- $[\text{SiO}_3]^{2-}$ Cadenas de tetraedros simples
- $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{4-}$ Cadenas de tetraedros dobles

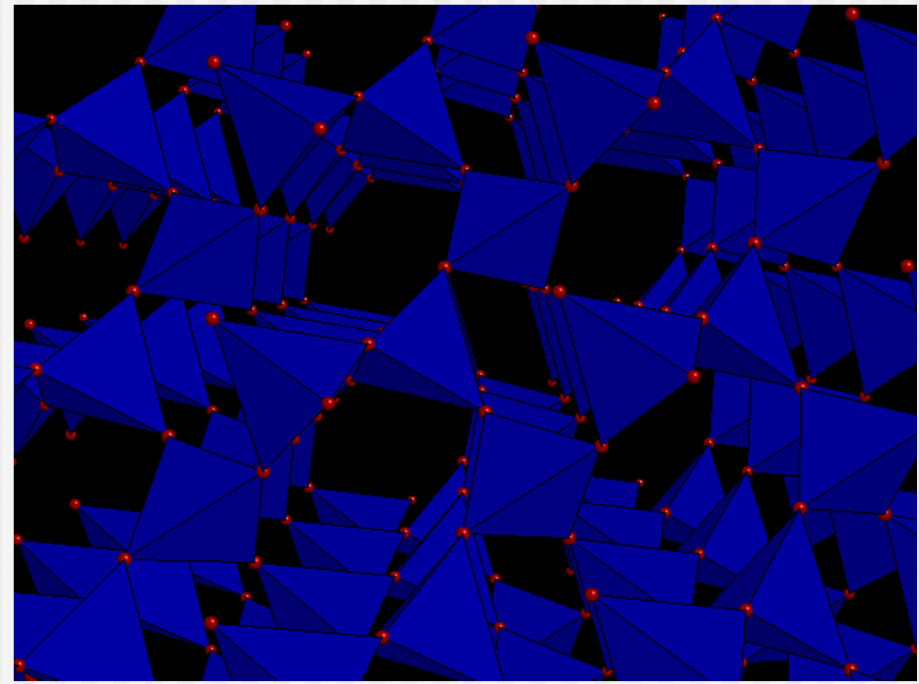
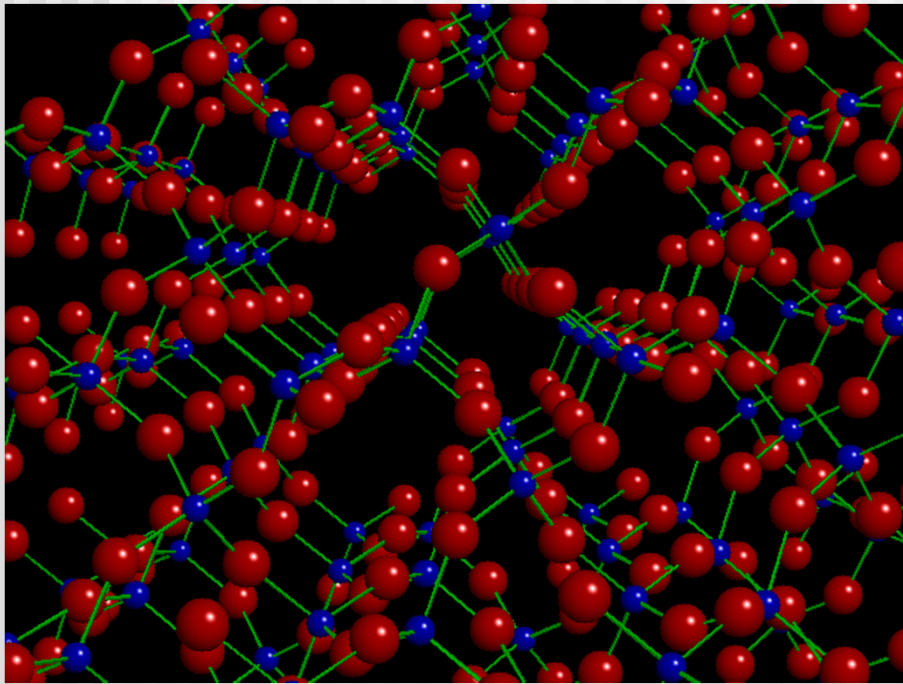
Inosilicatos (Ejemplos: piroxenos, piroxenoides, anfíboles)

Estructuras Minerales



- $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ Capas de tetraedros
Filosilicatos (micas, talco, minerales de la arcilla, serpentina)

Estructuras Minerales



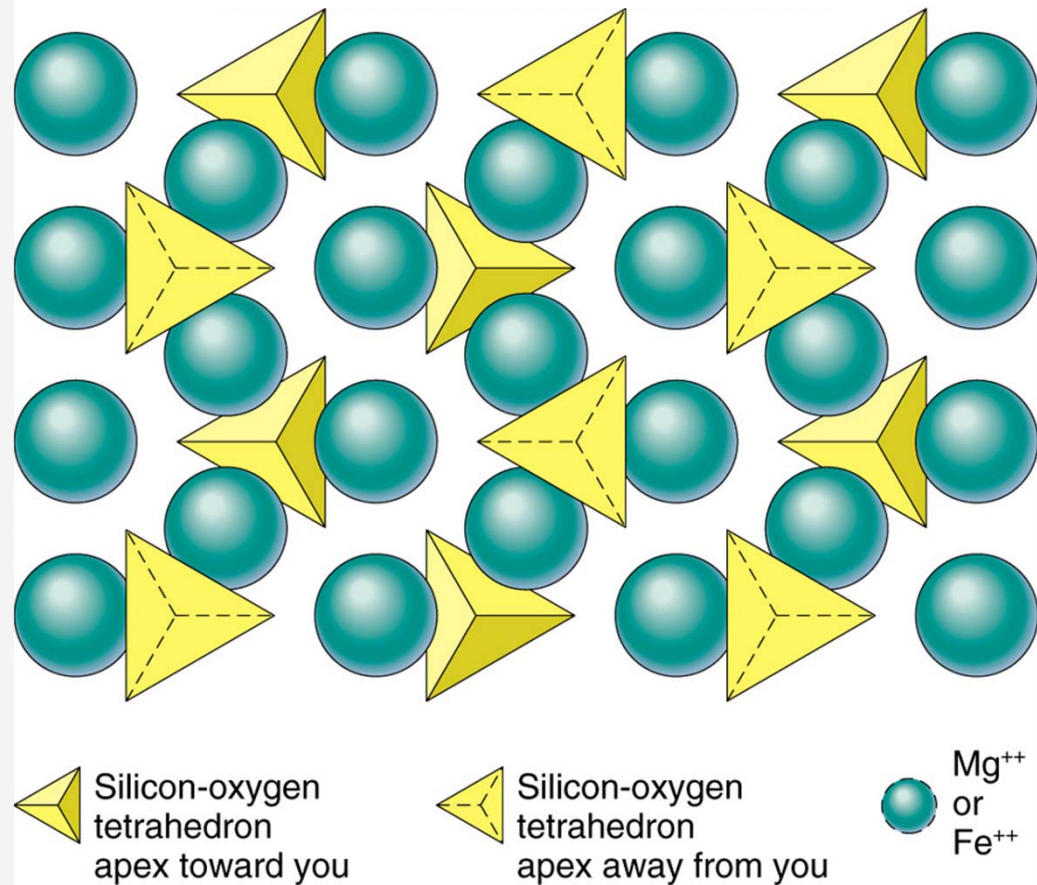
Cuarzo-alfa

- $[\text{SiO}_2]$ Estructuras 3-D de tetraedros completamente polimerizados

Tectosilicatos (Ejemplos: cuarzo, feldespato, feldespatoide, zeolitas)

Estructuras Minerales

Nesosilicatos:
tetraedros de SiO_4
independientes

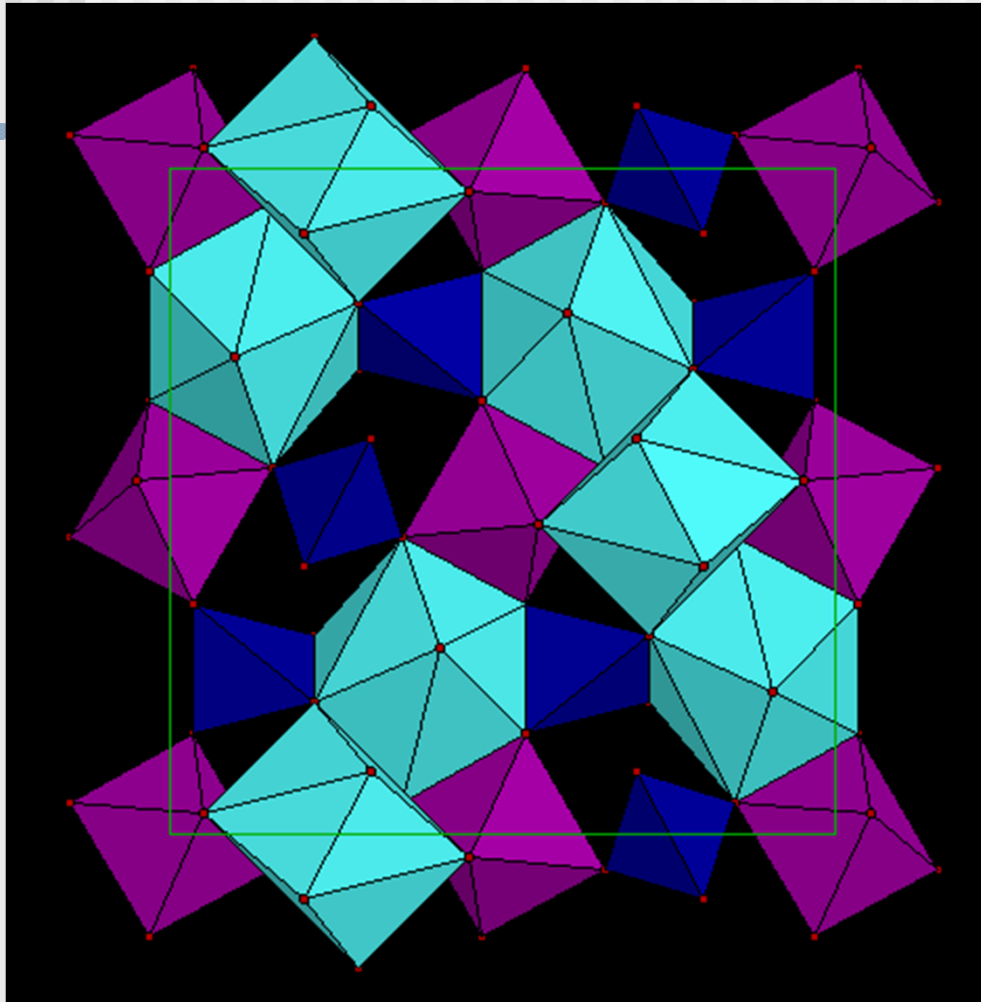


Nesosilicatos

Olivino:

- Principalmente en rocas ígneas máficas y ultramáficas
- Fayalita en BIF's metamorfizados y algunos granitoides alcalinos
- Forsterita en mármoles dolomíticos impuros

Nesosilicatos



Granates: $A^{2+}_3 B^{3+}_2 [SiO_4]_3$

“Piralspitas” - $B = Al$

Piropo: $Mg_3 Al_2 [SiO_4]_3$

Almandino: $Fe_3 Al_2 [SiO_4]_3$

Espesartina: $Mn_3 Al_2 [SiO_4]_3$

“Ugranditas” - $A = Ca$

Uvarovita: $Ca_3 Cr_2 [SiO_4]_3$

Grosularia: $Ca_3 Al_2 [SiO_4]_3$

Andradita: $Ca_3 Fe_2 [SiO_4]_3$

Dónde:

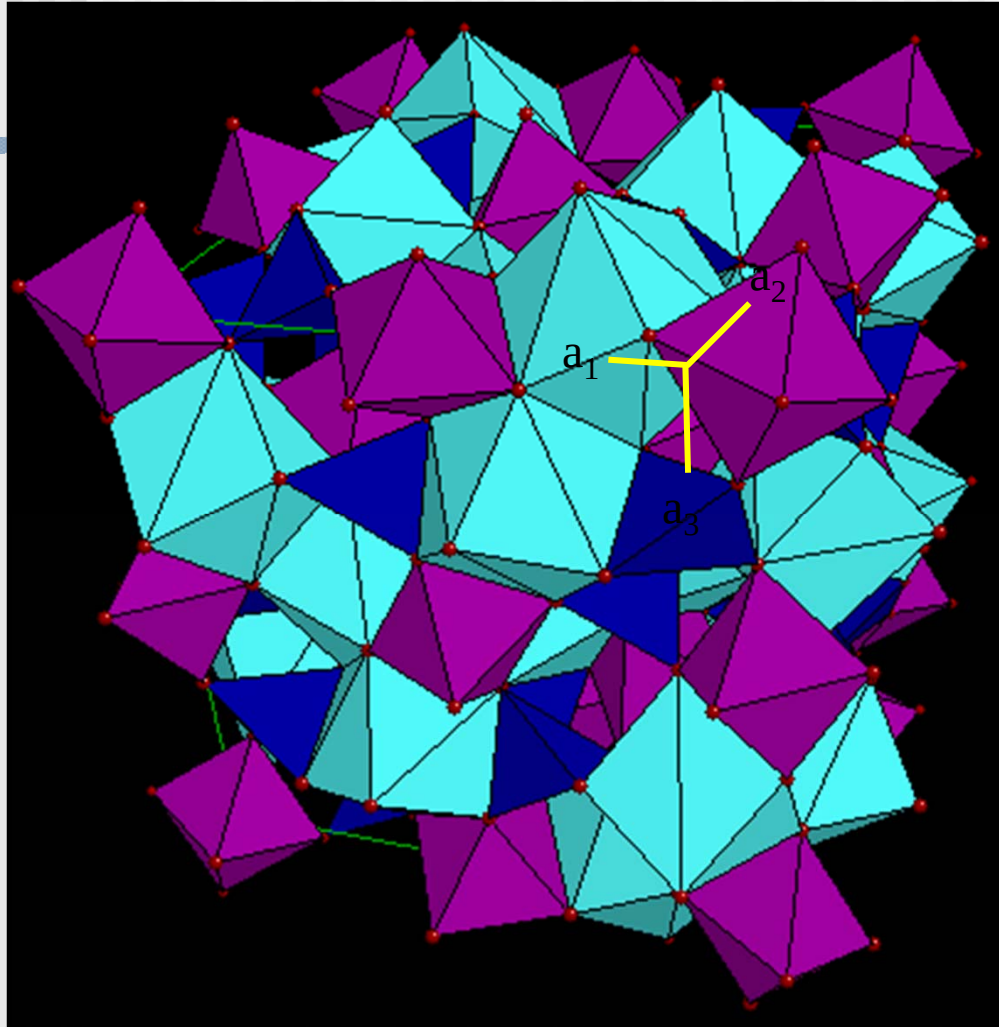
Rocas metamórficas

Rocas ígneas ricas en Al

Peridotitas mantélicas

Granate (001) azul = Si lila = A cyan = B

Nesosilicatos



Granate (001) azul = Si lila = A cyan = B

Granates: $A^{2+}_3 B^{3+}_2 [SiO_4]_3$

“Piralspitas” - B = Al

Piropo: $Mg_3 Al_2 [SiO_4]_3$

Almandino: $Fe_3 Al_2 [SiO_4]_3$

Espesartina: $Mn_3 Al_2 [SiO_4]_3$

“Ugranditas” - A = Ca

Uvarovita: $Ca_3 Cr_2 [SiO_4]_3$

Grosularia: $Ca_3 Al_2 [SiO_4]_3$

Andradita: $Ca_3 Fe_2 [SiO_4]_3$

Dónde:

Rocas metamórficas

Rocas ígneas ricas en Al

Peridotitas mantélicas

Inosilicatos: Piroxenos

Fórmula general de los piroxenos:

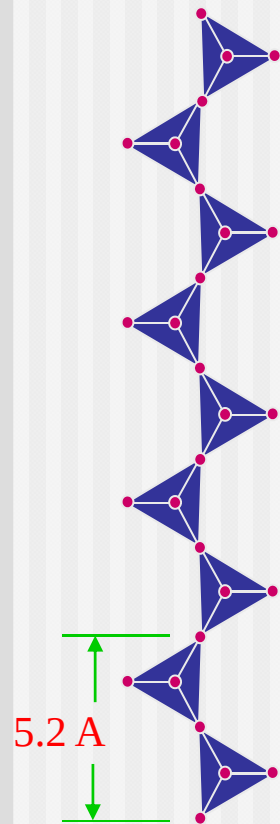


Donde

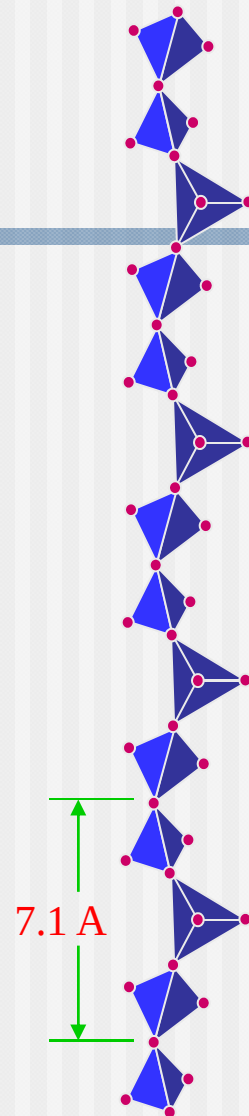
- W = Ca Na
- X = Mg Fe²⁺ Mn Ni Li
- Y = Al Fe³⁺ Cr Ti
- Z = Si Al

Son minerales anhidros de modo que condiciones de alta temperatura o secas les favorecen en comparación con los anfíboles

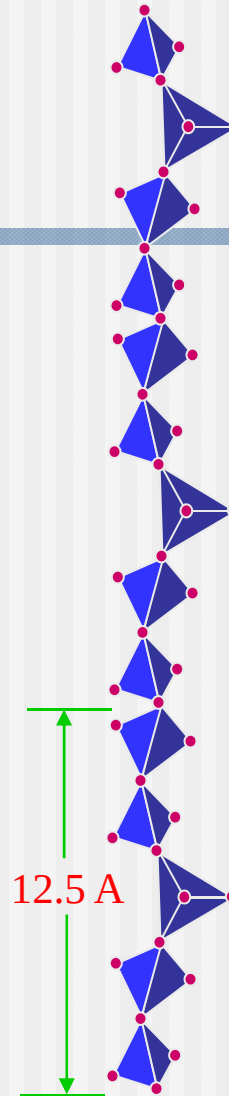
Piroxenoides



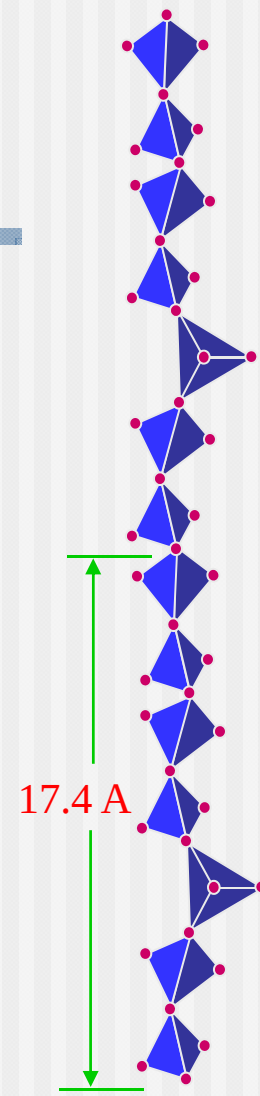
Piroxeno
2-tet repetición



Wollastonita
(Ca → M1)
→ 3-tet repetición

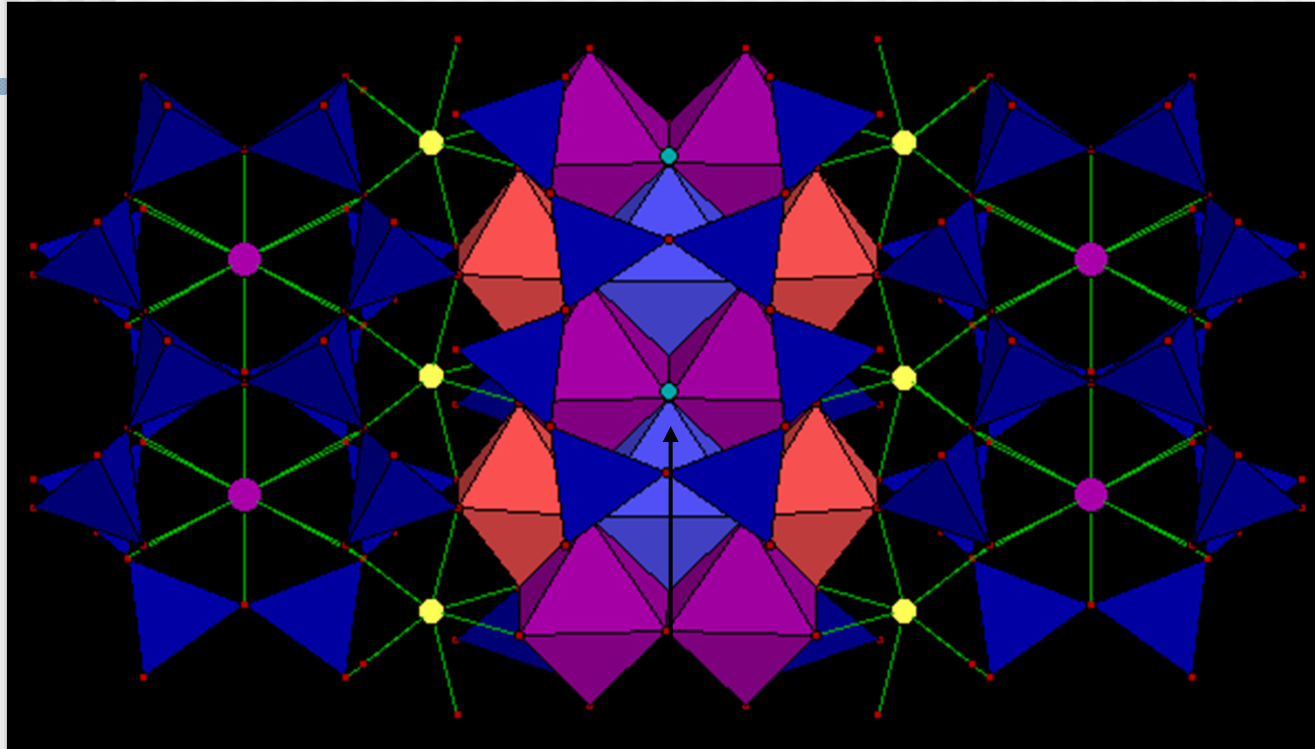


Rodonita
 MnSiO_3
→ 5-tet repetición



Piroxmangita
(Mn, Fe) SiO_3
→ 7-tet repetición

Inosilicatos: Anfíboles



(OH)

Hornblenda:
 $(\text{Ca}, \text{Na})_{2-3} (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5$
 $[(\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{22}] (\text{OH})_2$

(OH) está en el centro de
un anillo tetraédrico en el
que O forma parte de un
octaedro M1 y M3

Hornblenda (001) azul oscuro = Si, Al lila = M1 rosa = M2
azul claro = M3 (todo Mg, Fe) bola amarilla = M4 (Ca) bola lila = A (Na)
bola cian = H

Inosilicatos: Anfíboles

- Fórmula general:



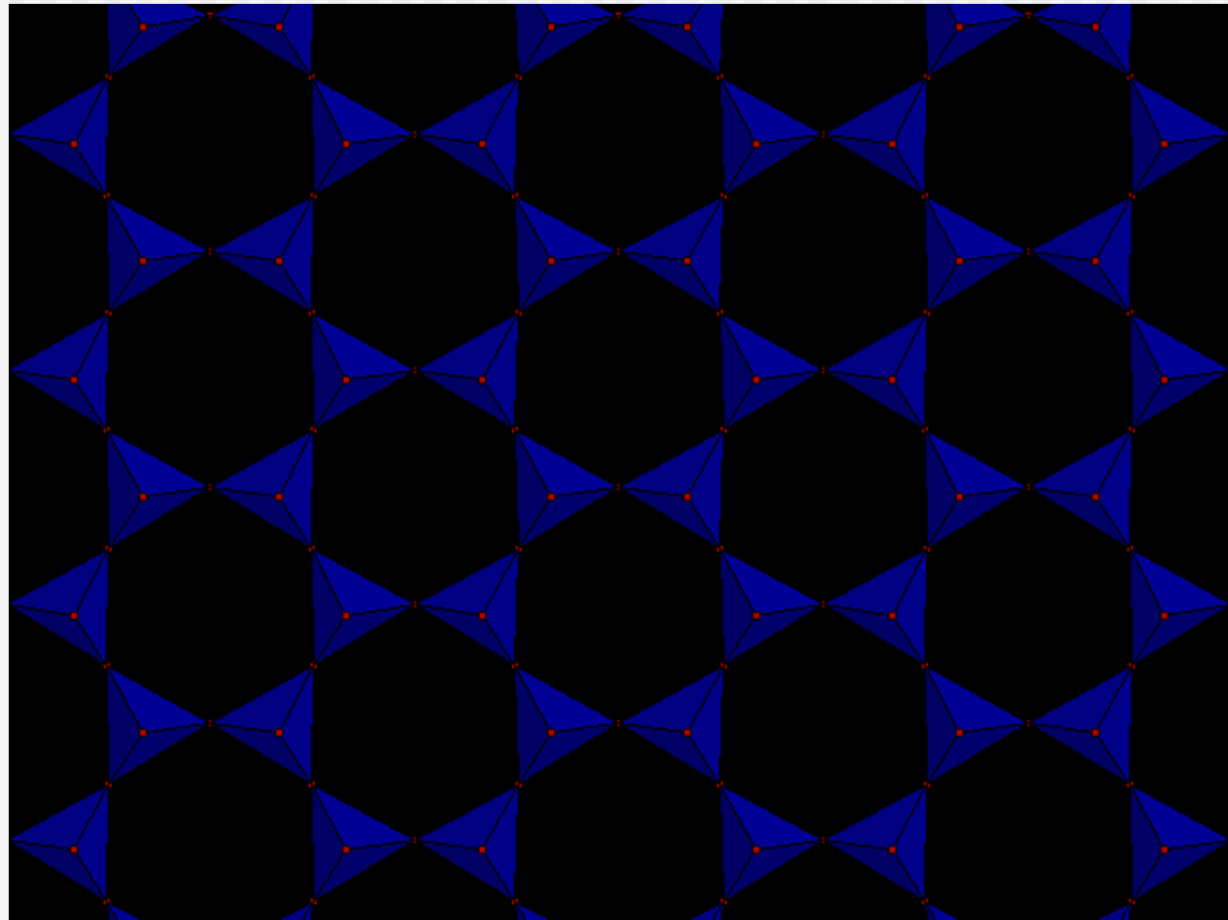
- W = Na K
 - X = Ca Na Mg Fe²⁺ (Mn Li)
 - Y = Mg Fe²⁺ Mn Al Fe³⁺ Ti
 - Z = Si Al
- La gran variedad de posiciones cristalográficas da lugar a una gran variabilidad química y a un amplio rango de condiciones de estabilidad
 - Dado que son minerales hidratados, su estabilidad térmica es limitada

Inosilicatos: Anfíboles

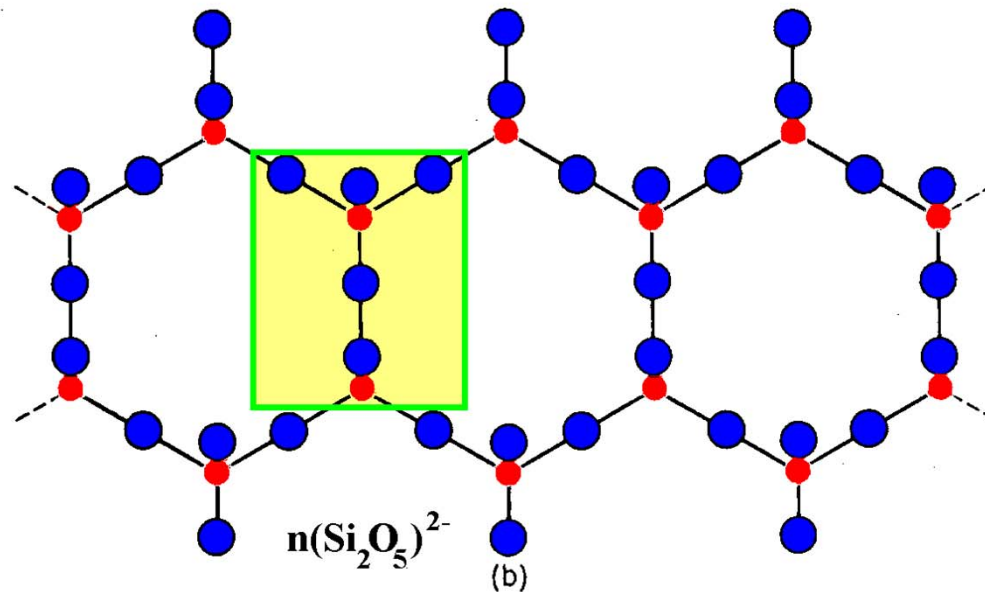
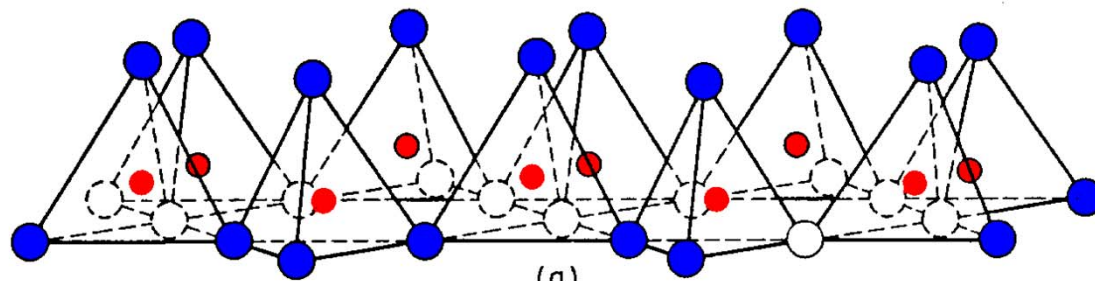
- Hornblenda: Tiene Al en la posición tetraédrica
- Anfíboles sódicos
 - Glaucofana: $\text{Na}_2 \text{Mg}_3 \text{Al}_2 [\text{Si}_8\text{O}_{22}] (\text{OH})_2$
 - Riebeckita: $\text{Na}_2 \text{Fe}^{2+}_3 \text{Fe}^{3+}_2 [\text{Si}_8\text{O}_{22}] (\text{OH})_2$
- Suelen presentar un color azul. Ello da pie a que las rocas que los contienen sean identificadas por esa característica: p. Ej. Esquitos azules
- Estas rocas son características de unas condiciones P/T reacionadas con zonas de subducción

Filosilicatos

- Tetraedros de SiO_4 polimerizados en 2-D sheets: $[\text{Si}_2\text{O}_5]$
- Los O apicales no están polimerizados y se enlazan a otros constituyentes



Capa Tetraédrica



Capa Tetraédrica

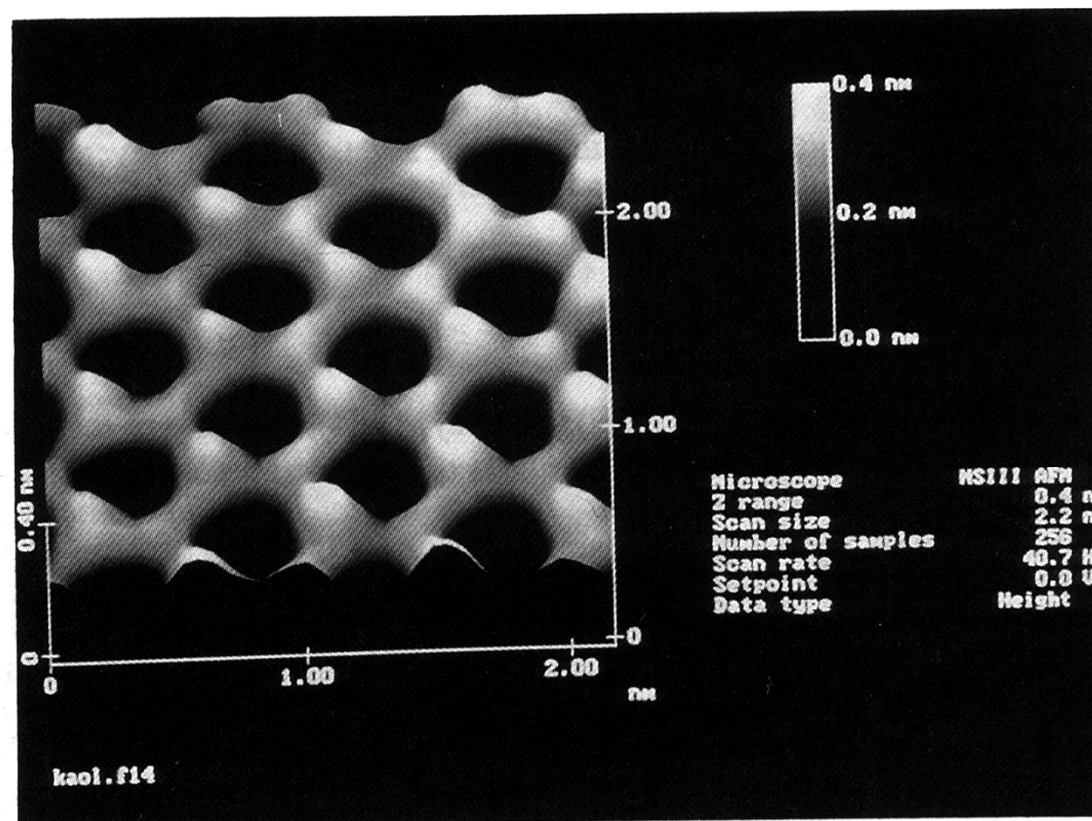
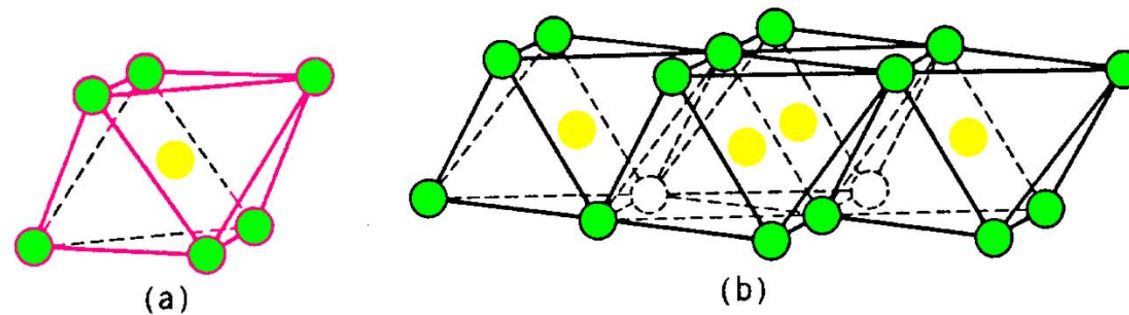


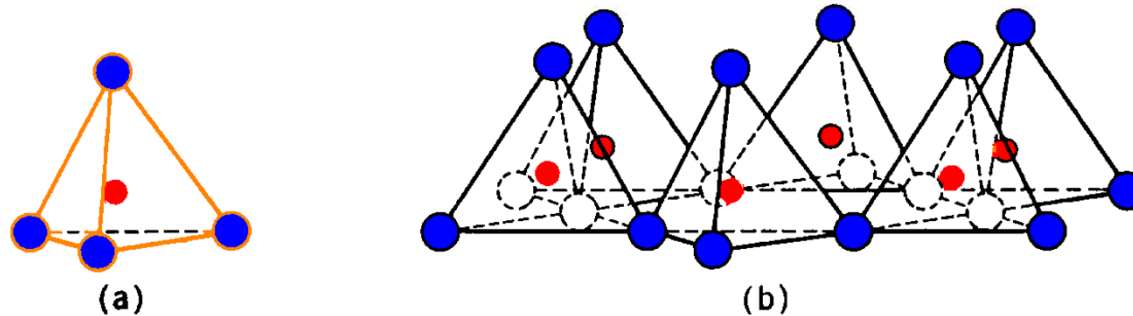
Figure 13: Oblique view of a 2DFFT filtered AFM image of kaolinite showing the basal hexagonal rings of the tetrahedra 1 sheet

Capa Octaédrica



● y ○ Hidroxilos

● Aluminio, Magnesio, etc.

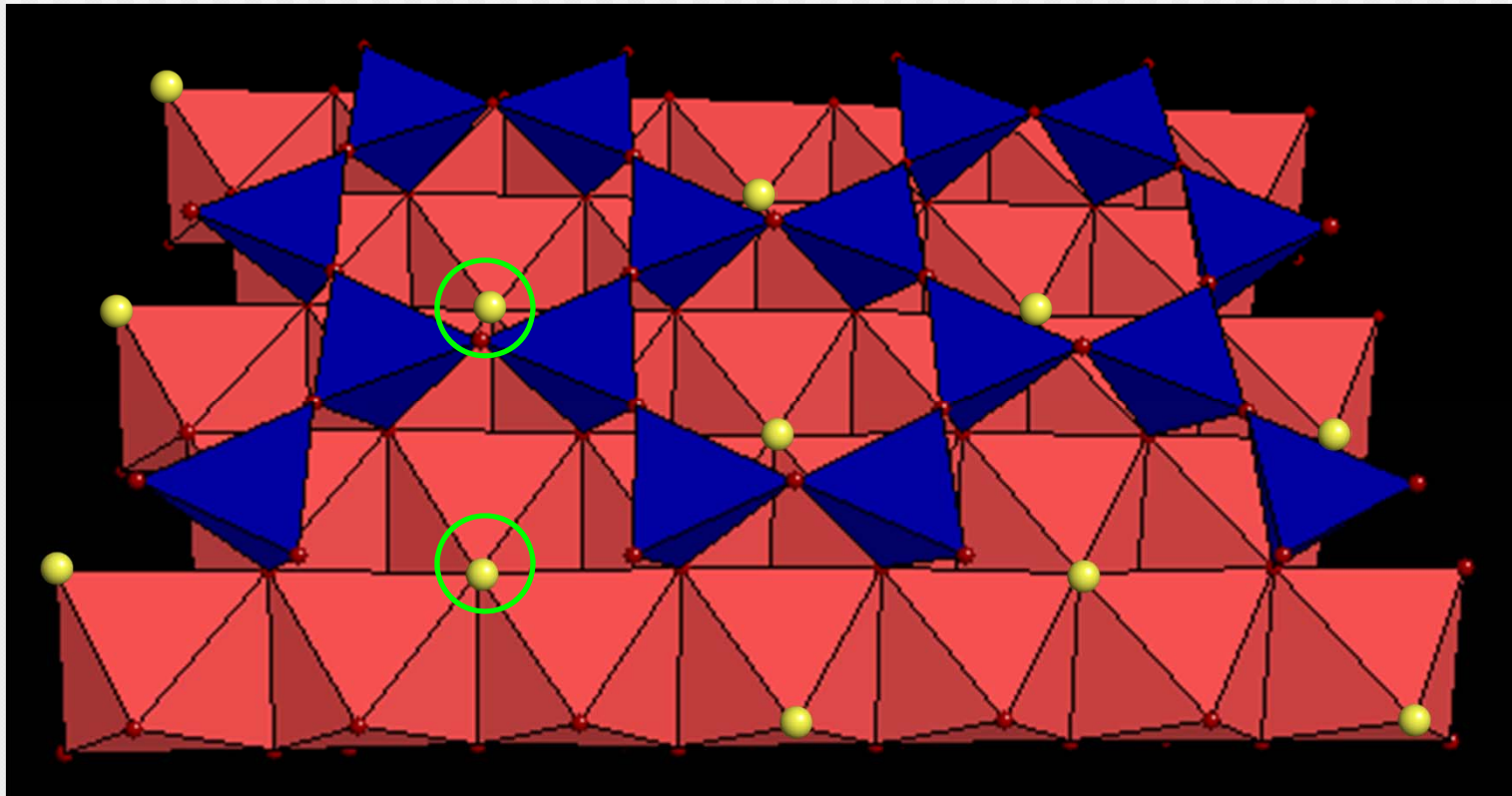


● y ○ Oxígeno

● Silicio

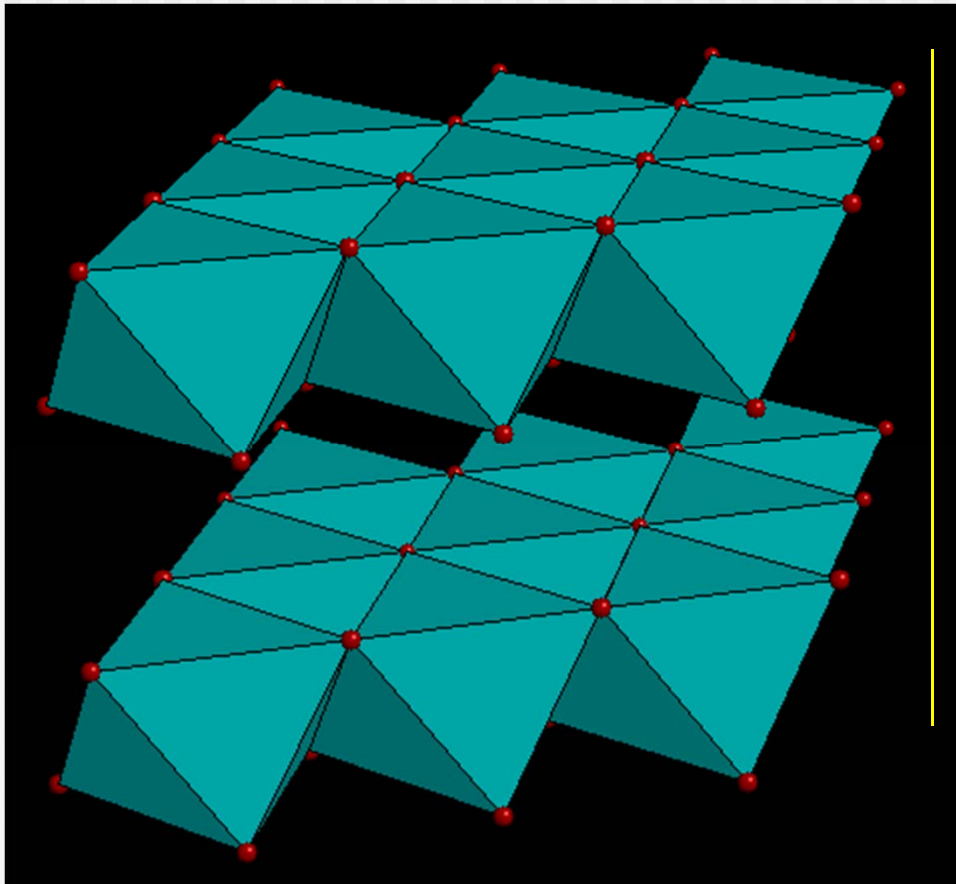
Filosilicatos

- Las capas tetraédricas se enlazan con las octaédricas
- Los OH se localizan en el centro de los anillos tetraédricos donde no hay O apicales



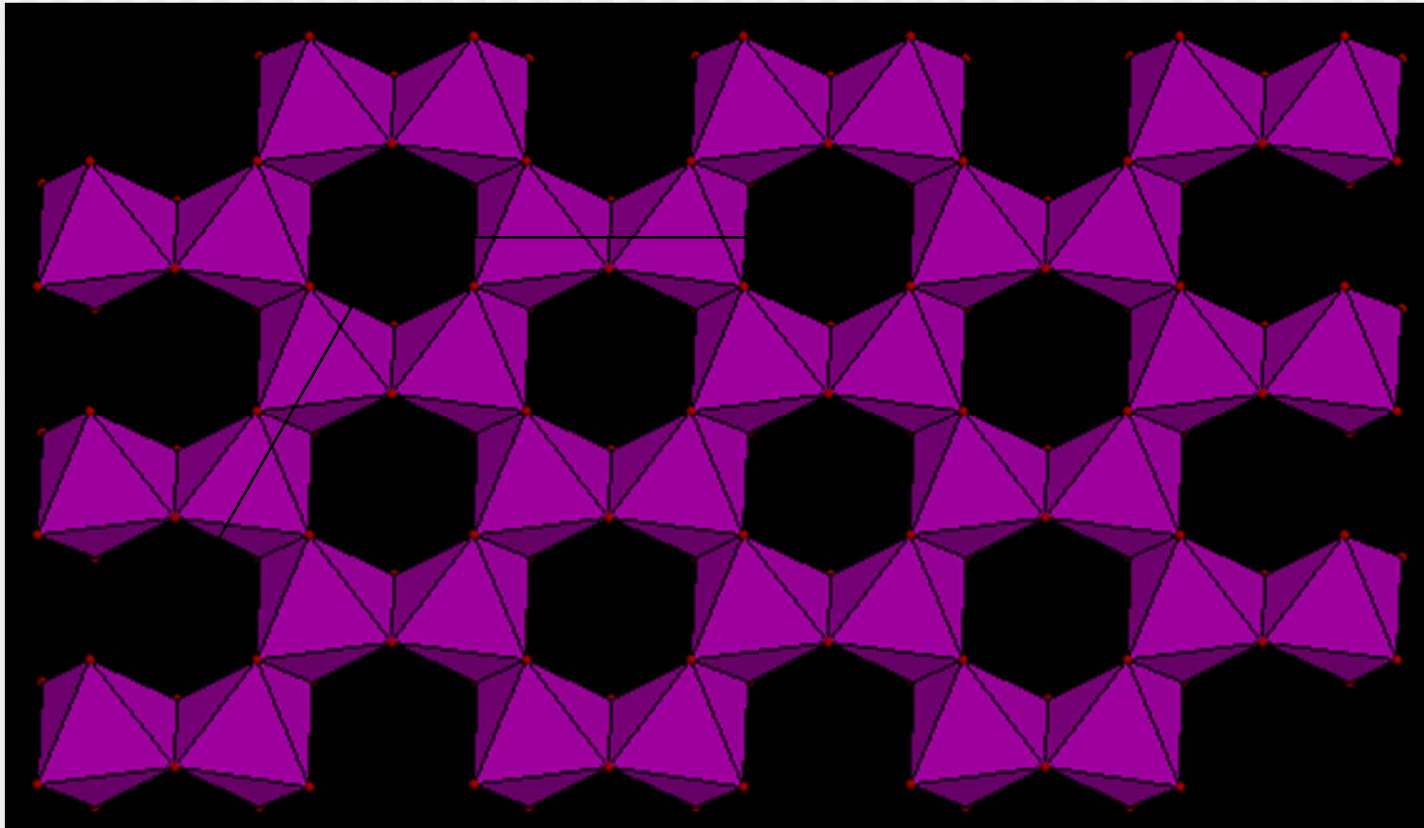
Filosilicatos

- Las capas octaédricas son análogas a los de los hidróxidos



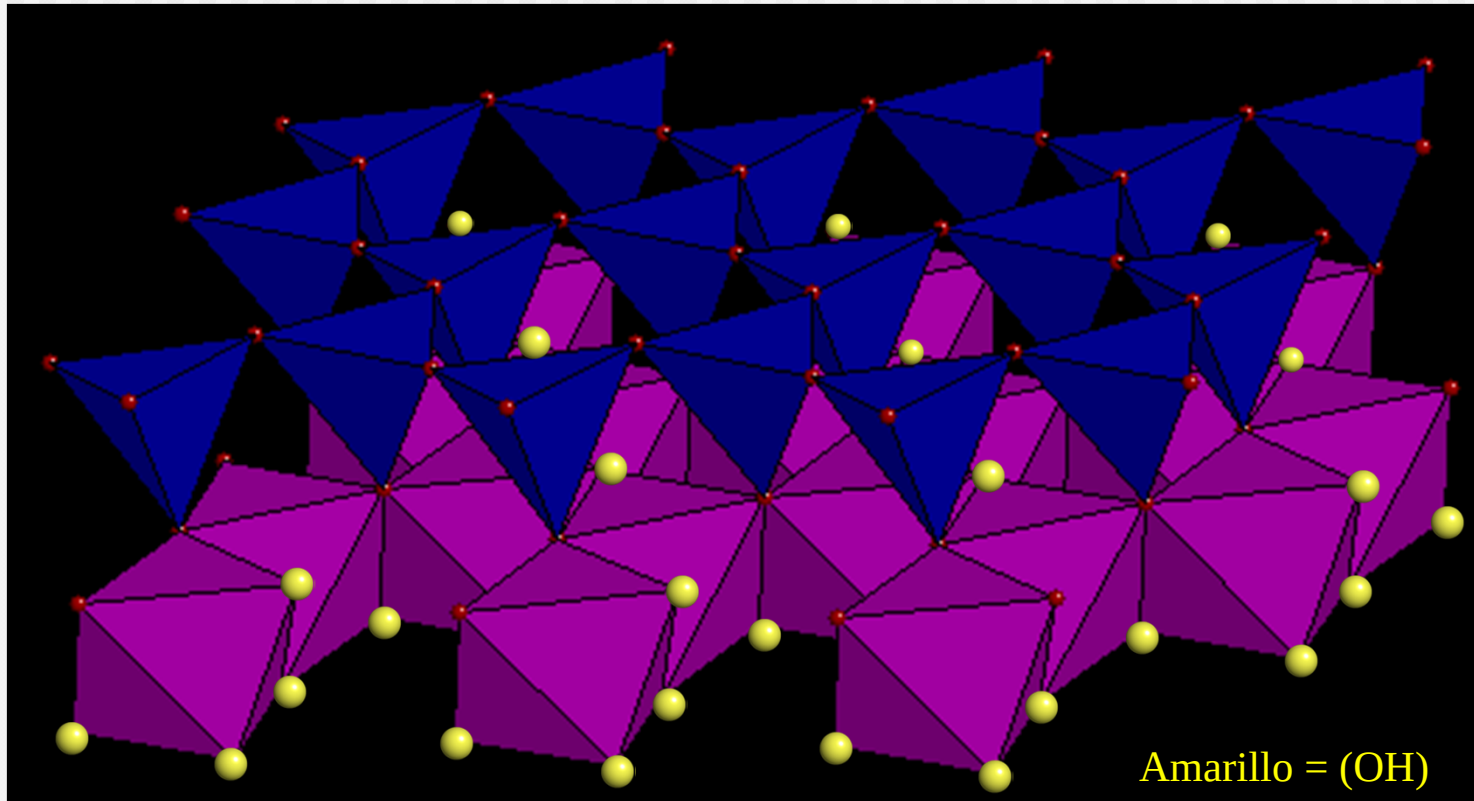
- Brucita: $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- Capas de Mg octaédrico coordinados con (OH)
- Espaciados grandes según c debido a enlaces de van der Waals débiles

Filosilicatos



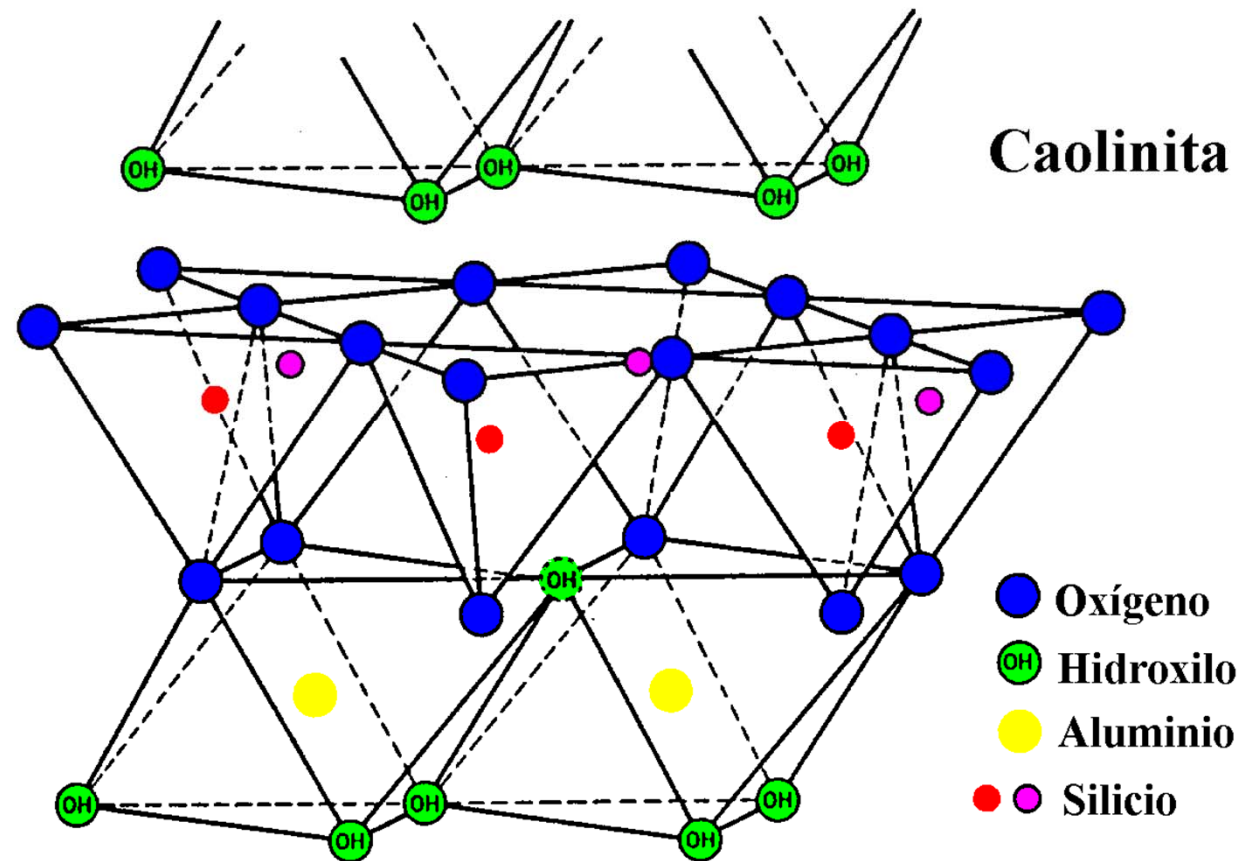
Gibbsita: $\text{Al}(\text{OH})_3$: Capas de $\text{Al}(\text{VI})$ en coordinación con (OH) . Al^{3+} implica que sólo 2/3 de las posiciones VI pueden estar ocupadas debido a restricciones de balance de carga. Las capas tipo brucita se denominan **trioctaédricas** y las tipo gibbsita **dioctaédricas**

Filosilicatos

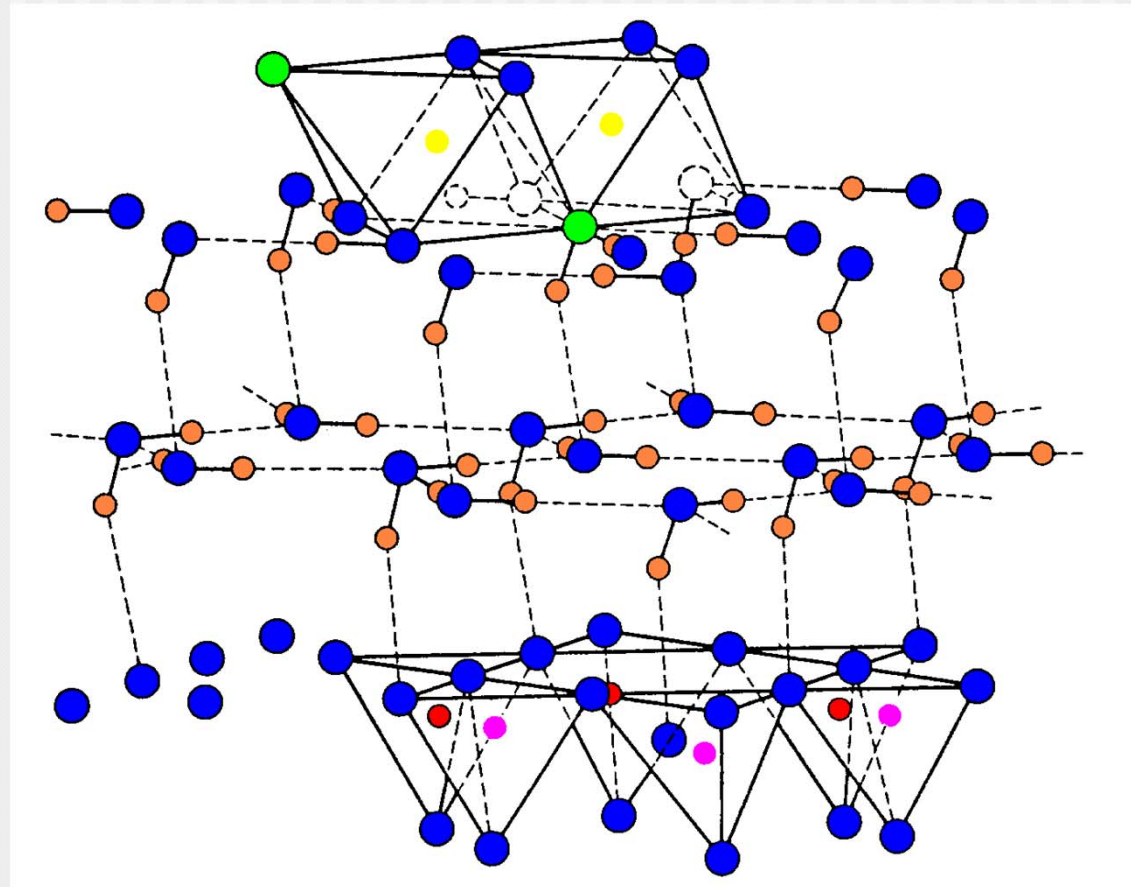


Caolinita: $\text{Al}_2 [\text{Si}_2\text{O}_5] (\text{OH})_4$:Capas T y dioctaédricas (Al^{3+})

Filosilicatos

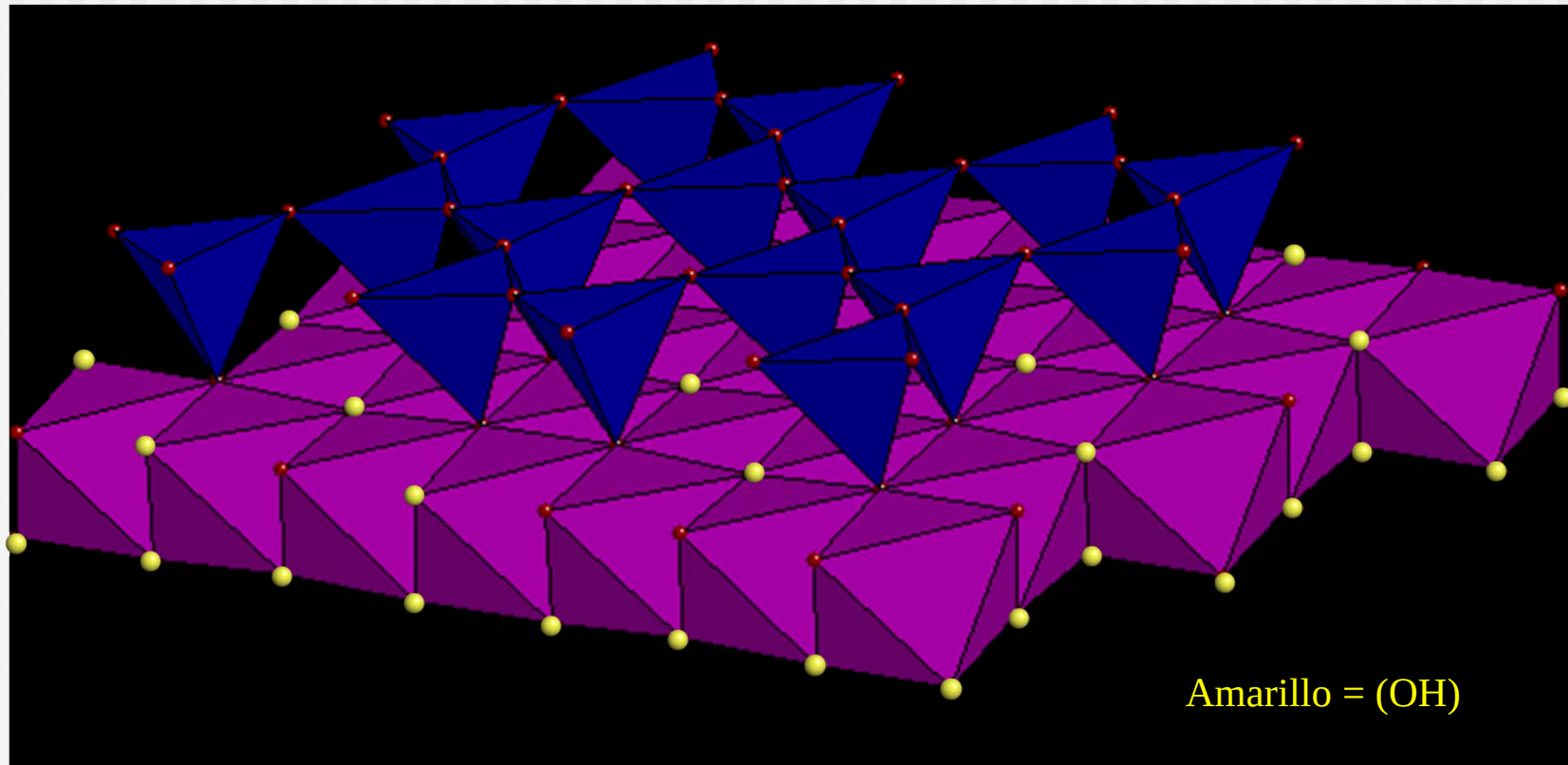


Filosilicatos



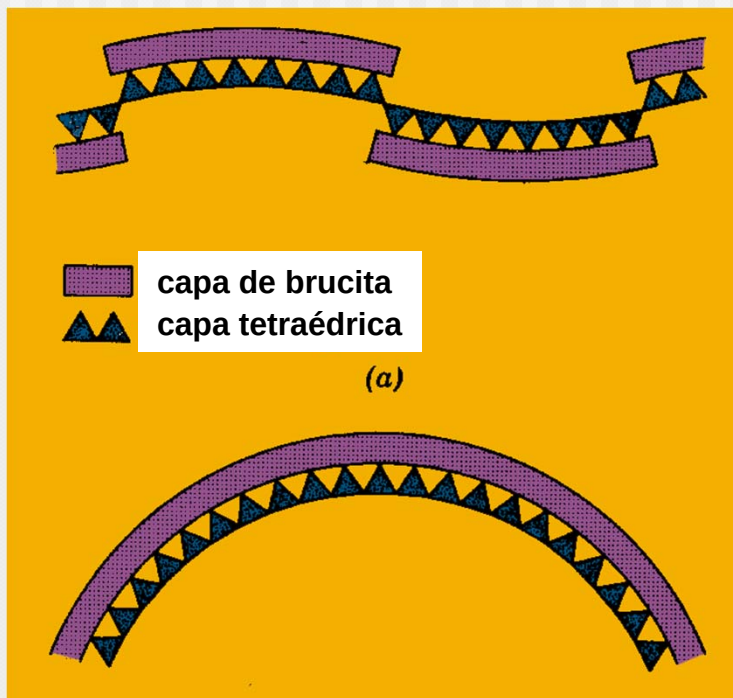
Enlaces de van der Waals

Filosilicatos



Serpentina: $\text{Mg}_3 [\text{Si}_2\text{O}_5] (\text{OH})_4$: Capas T y **trioctaédricas** (Mg^{2+})

Filosilicatos: **Serpentina**

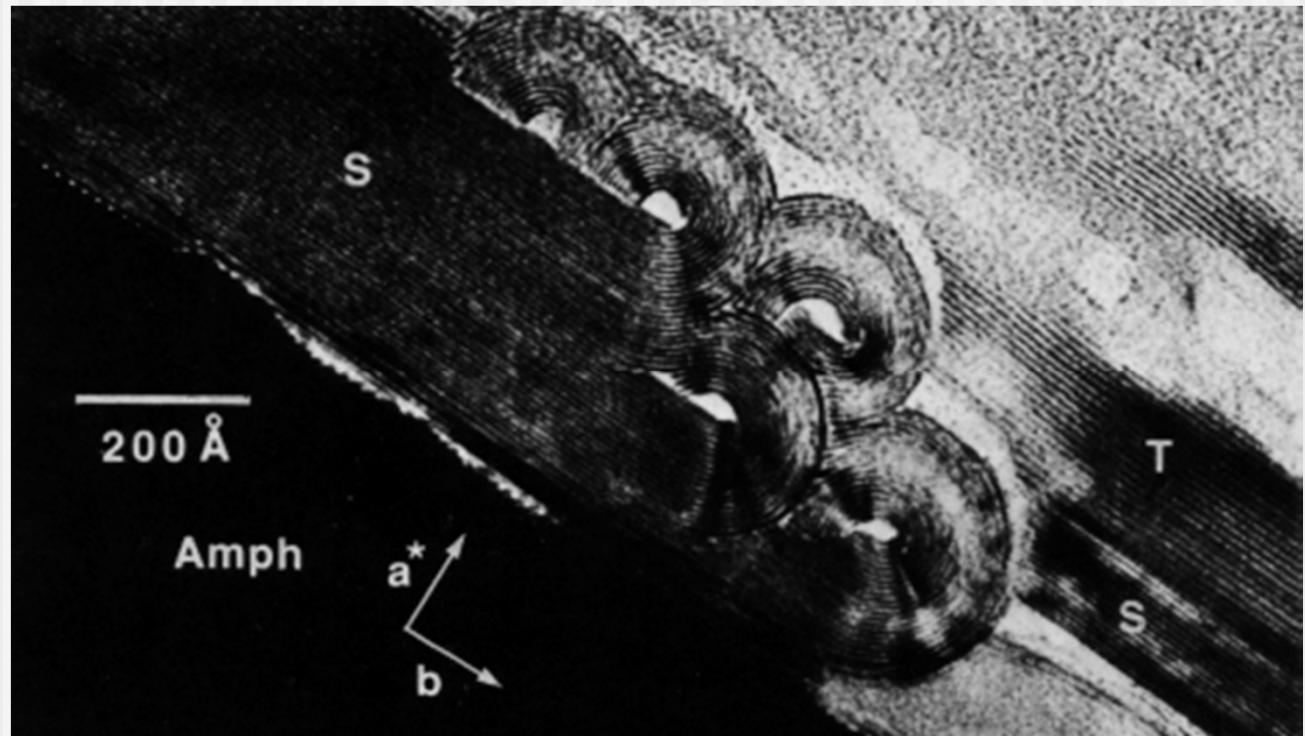
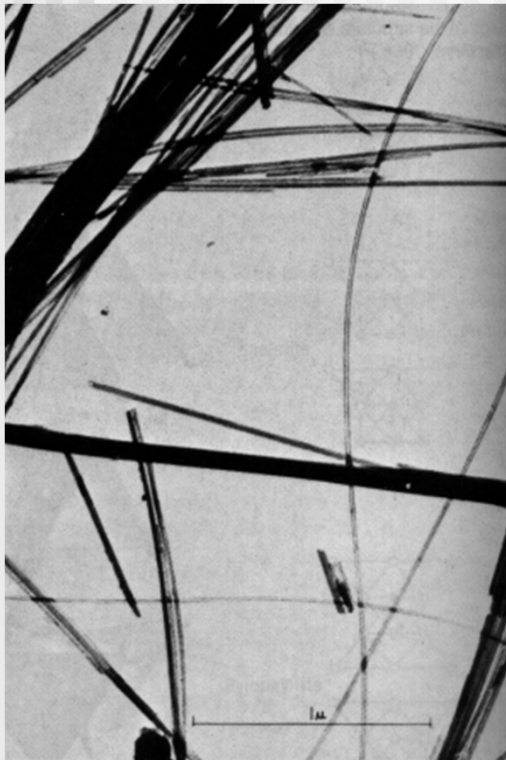


Los octaédros son un poco más grandes que los tetraedros, lo cual provoca que la lámina T-O se doble

La antigorita mantiene una forma laminar mediante la alternancia de segmentos con curvatura opuesta

El crisotilo no lo hace y ello da pie a que tienda a enrollarse formando tubos

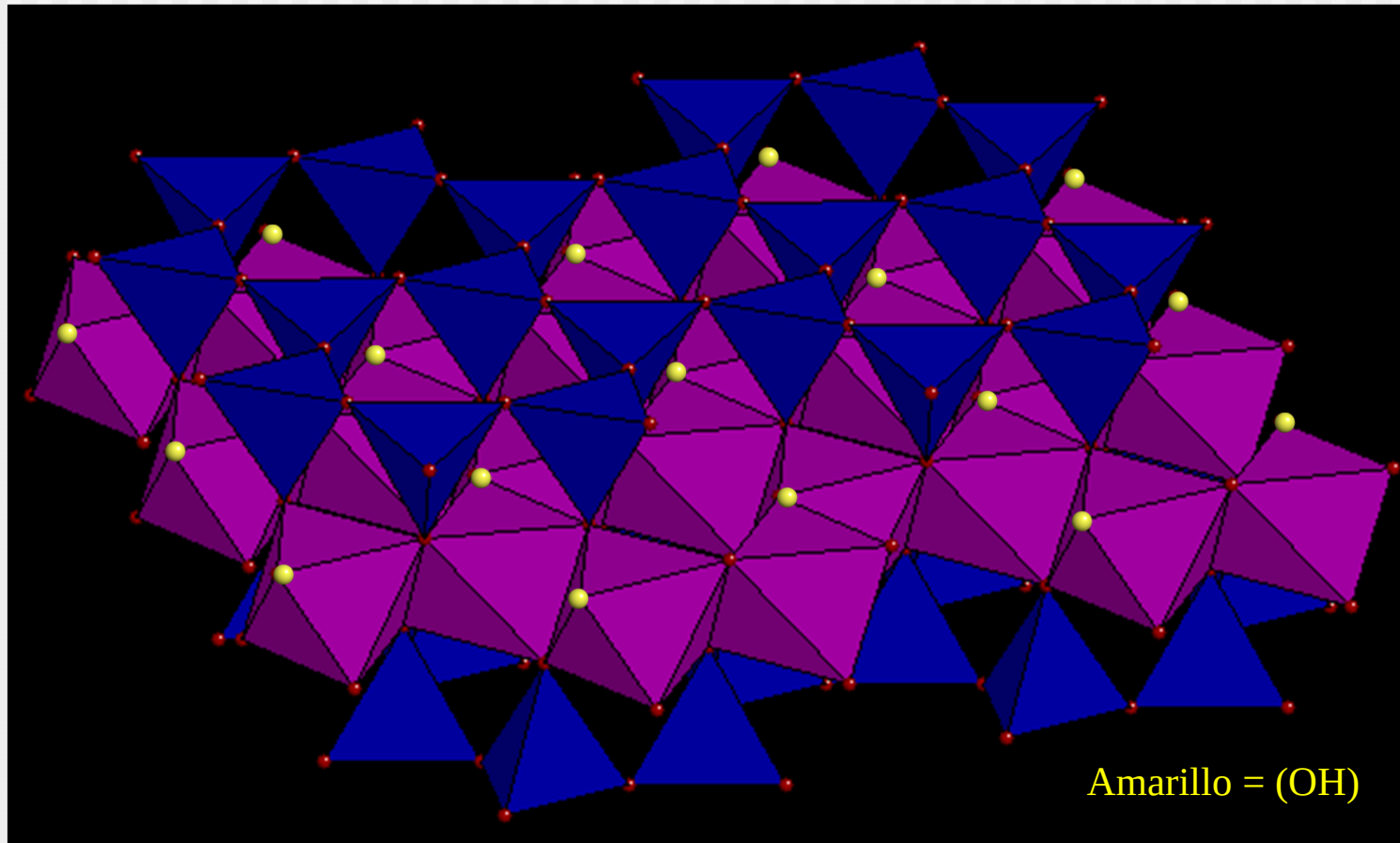
Filosilicatos: **Serpentina**



S = serpentina T = talco

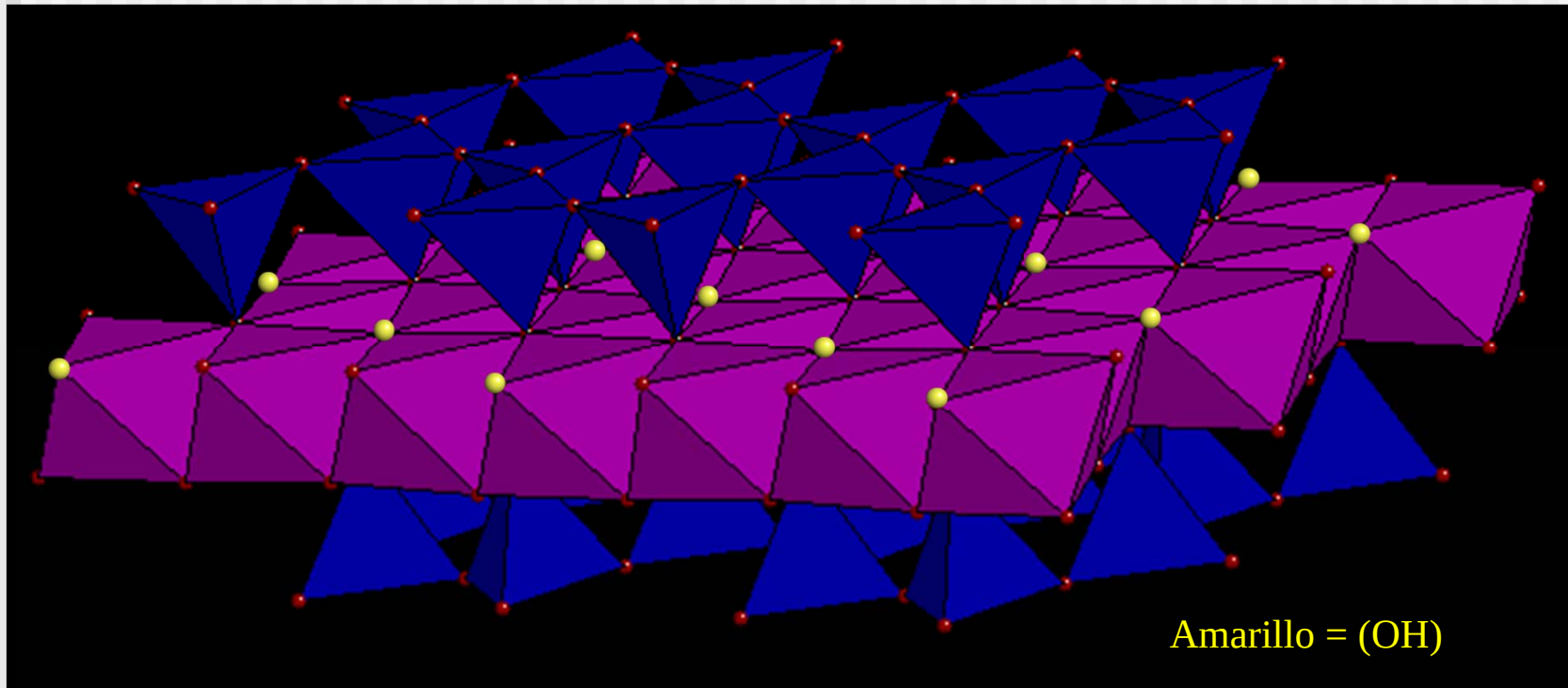
Los tubos enrollados del crisotilo resuelven la aparente paradoja de los filosilicatos asbestiformes

Filosilicatos



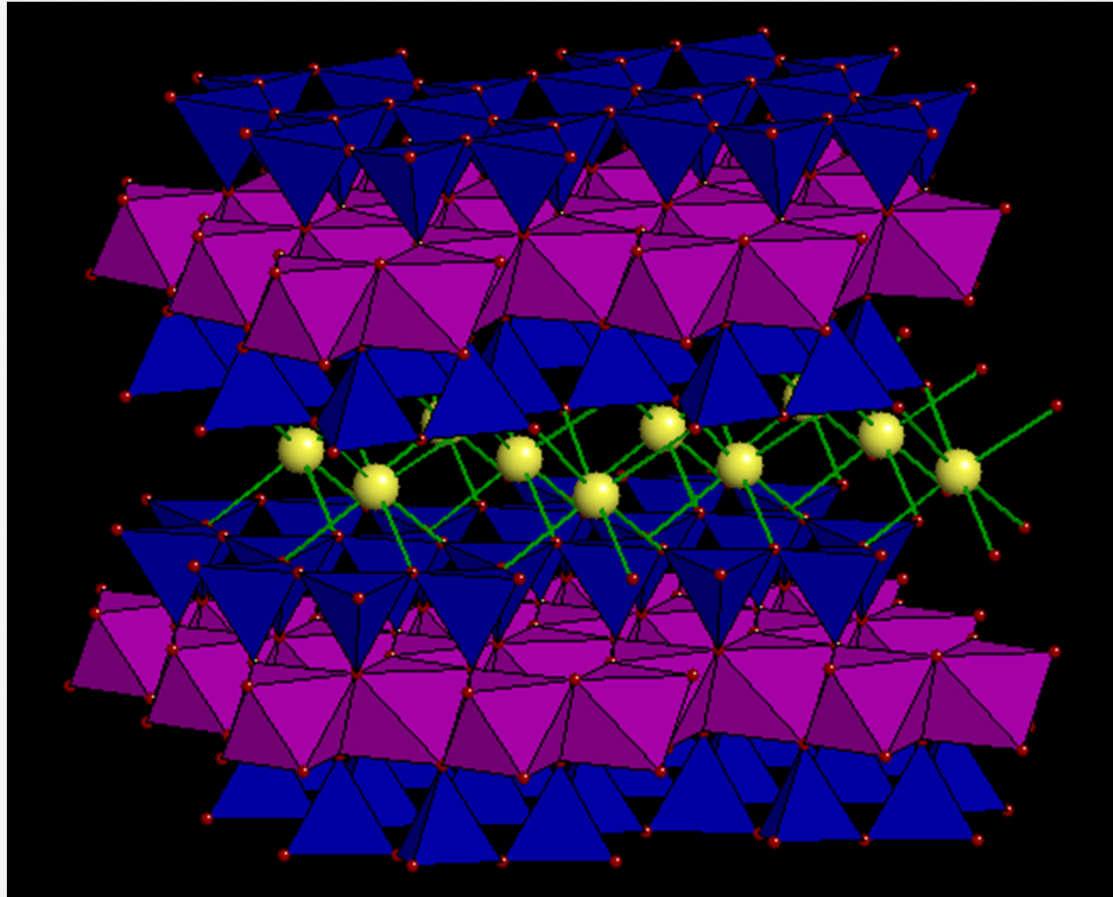
Pirofilita: $\text{Al}_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_2$: Capa T - **di**octaédrica (Al^{3+}) – Capa T

Filosilicatos



Talco: $\text{Mg}_3 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_2$: Capa T-trioctaédrica (Mg^{2+}) – Capa T

Filosilicatos

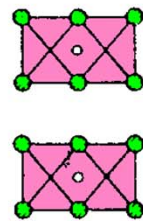


Muscovita: $\text{K Al}_2 [\text{Si}_3\text{AlO}_{10}] (\text{OH})_2$ (K - Al^{IV}) : Capa T- **di**octaédrica (Al^{3+}) - Capa T - K

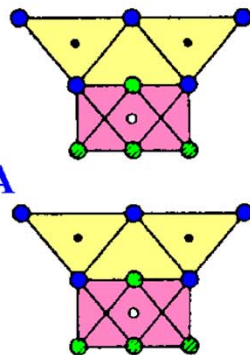
Filosilicatos: Resumen

Trioctaédrica

BRUCITA

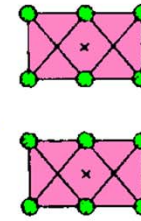


ANTIGORITA

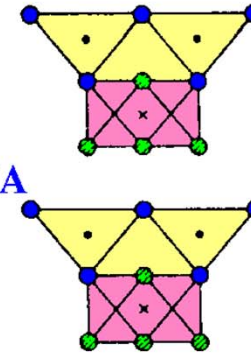


Dioctaédrica

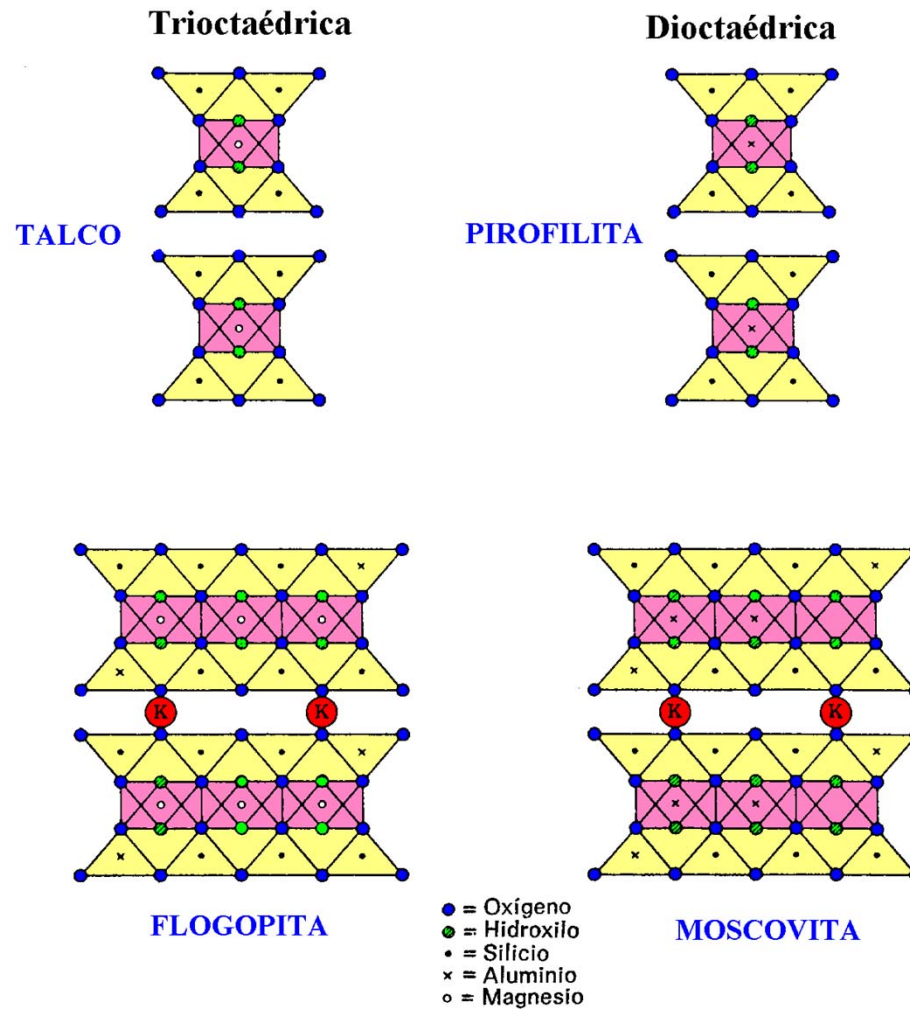
GIBBSITA



CAOLINITA



Filosilicatos: Resumen



Filosilicatos

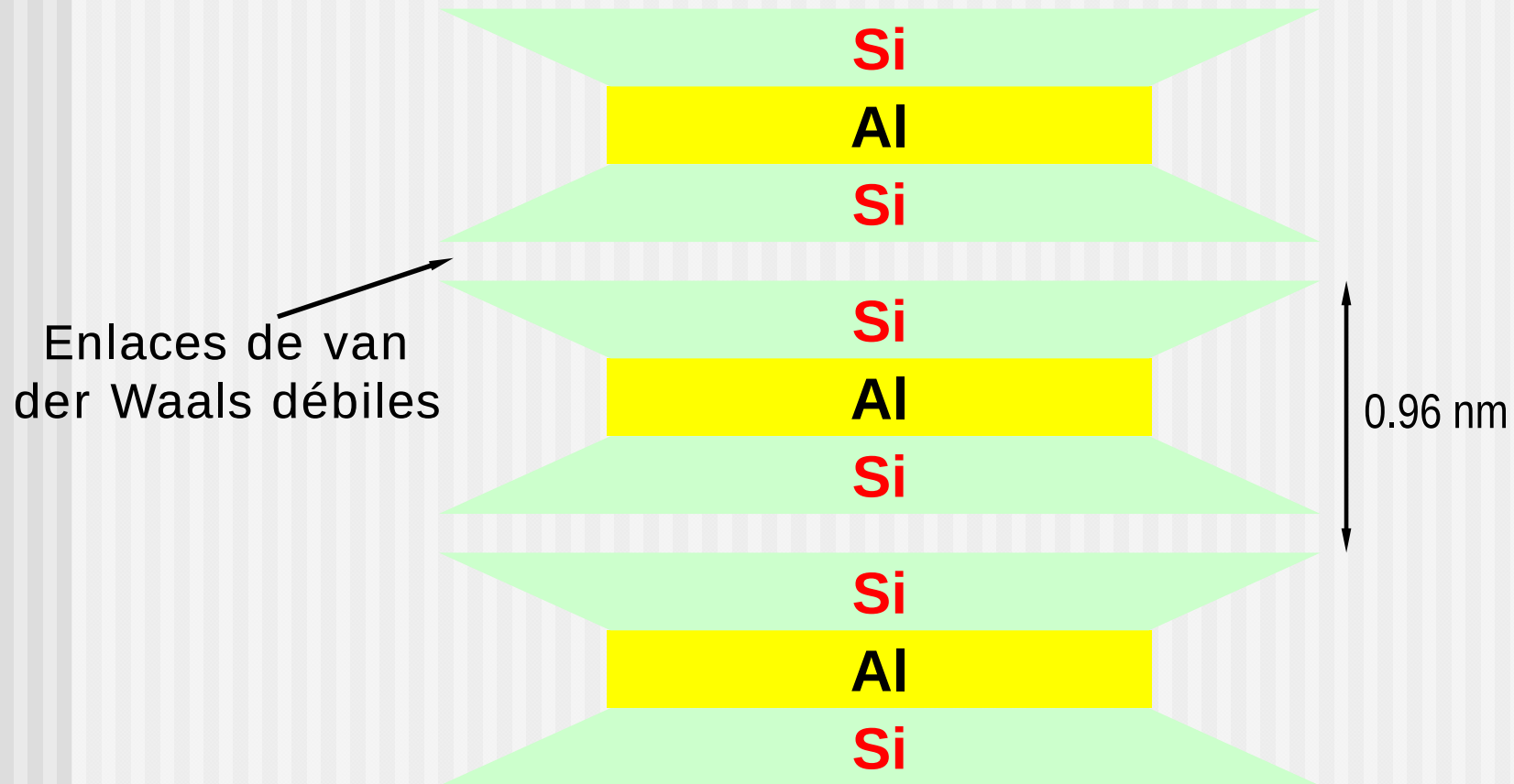
- Clorita: $(\text{Mg, Fe})_3 [(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_2 (\text{Mg, Fe})_3 (\text{OH})_6$

T - O - T - (brucita) - T - O - T - (brucita) - T - O - T - ...

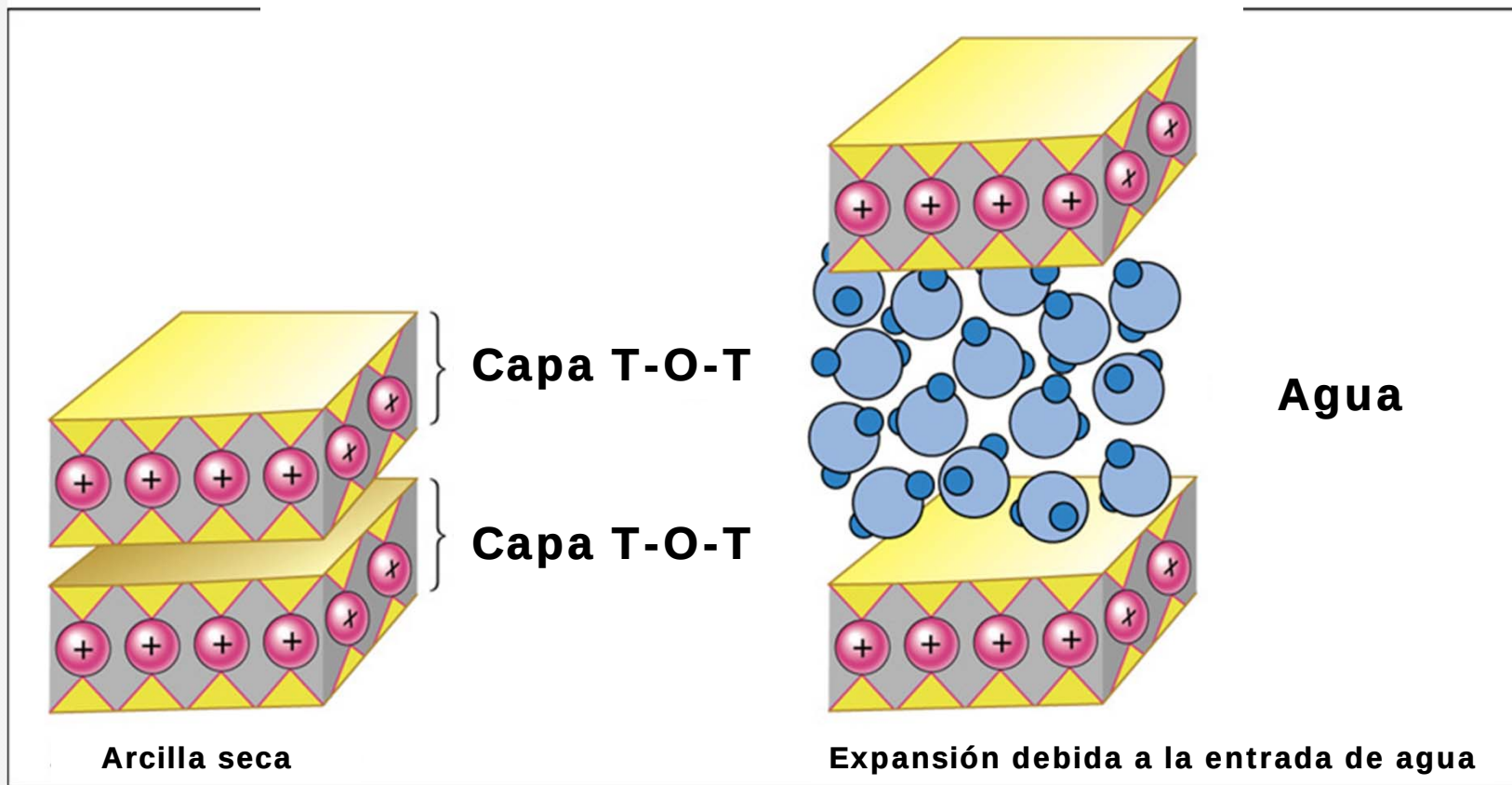
- Mineral muy hidratado $(\text{OH})_8$: estable a bajas temperaturas

Montmorillonita

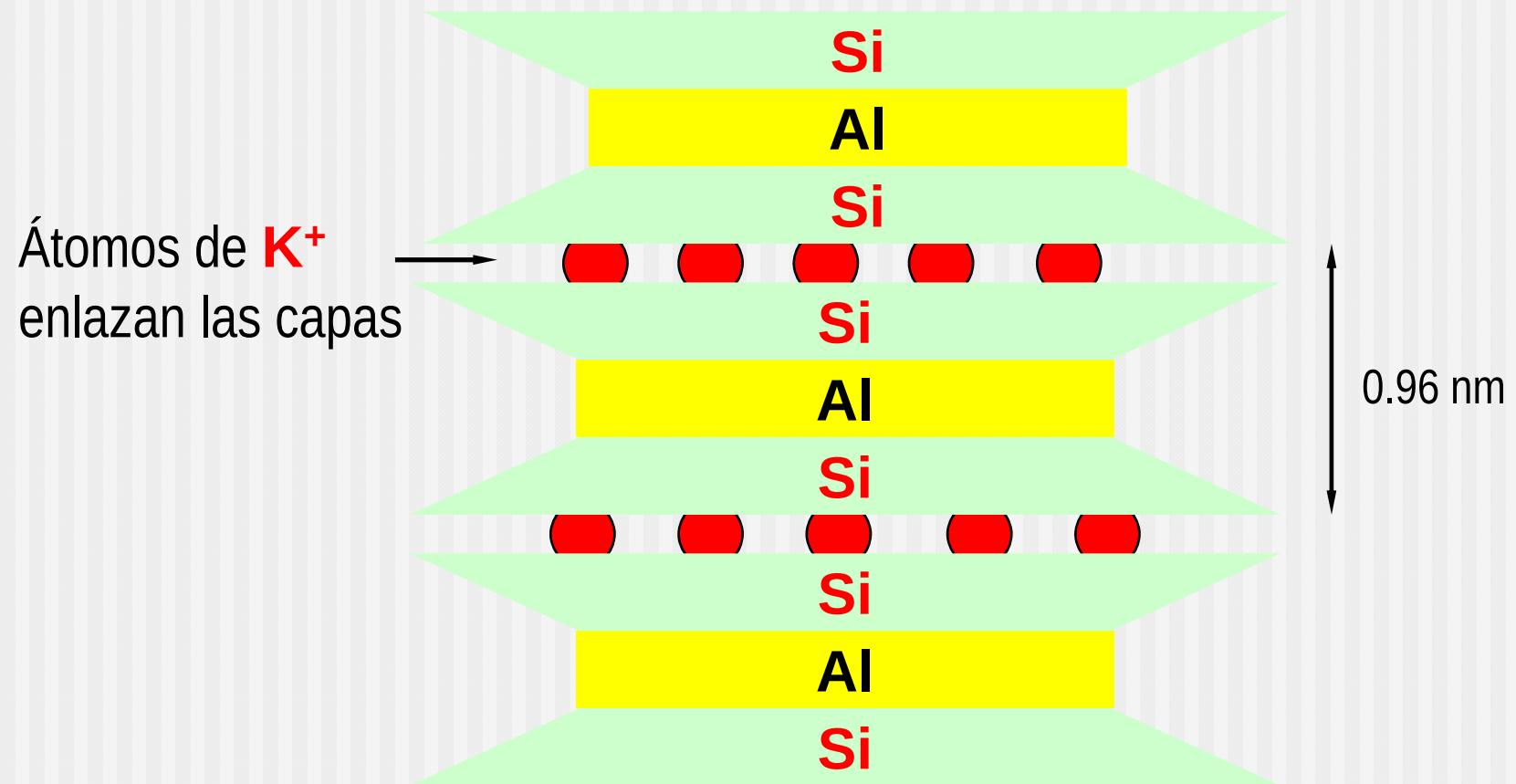
- ❑ También denominadas **esmeclitas**
- ❑ Se expande en contacto con el agua



Montmorillonita



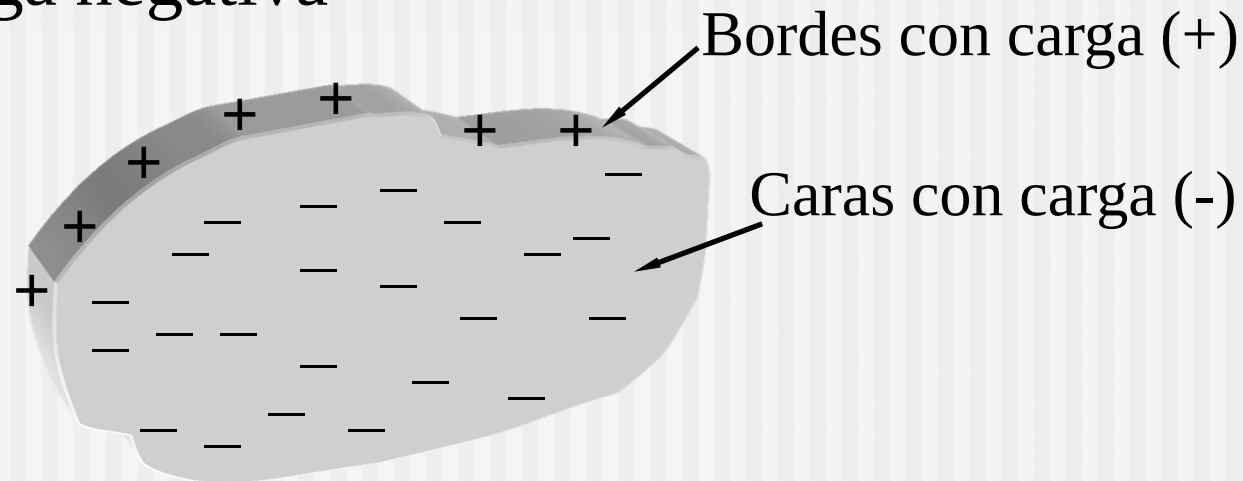
Illita



Parecida a la moscovita. Solo 1 de cada 4 posiciones posibles son ocupadas por el K

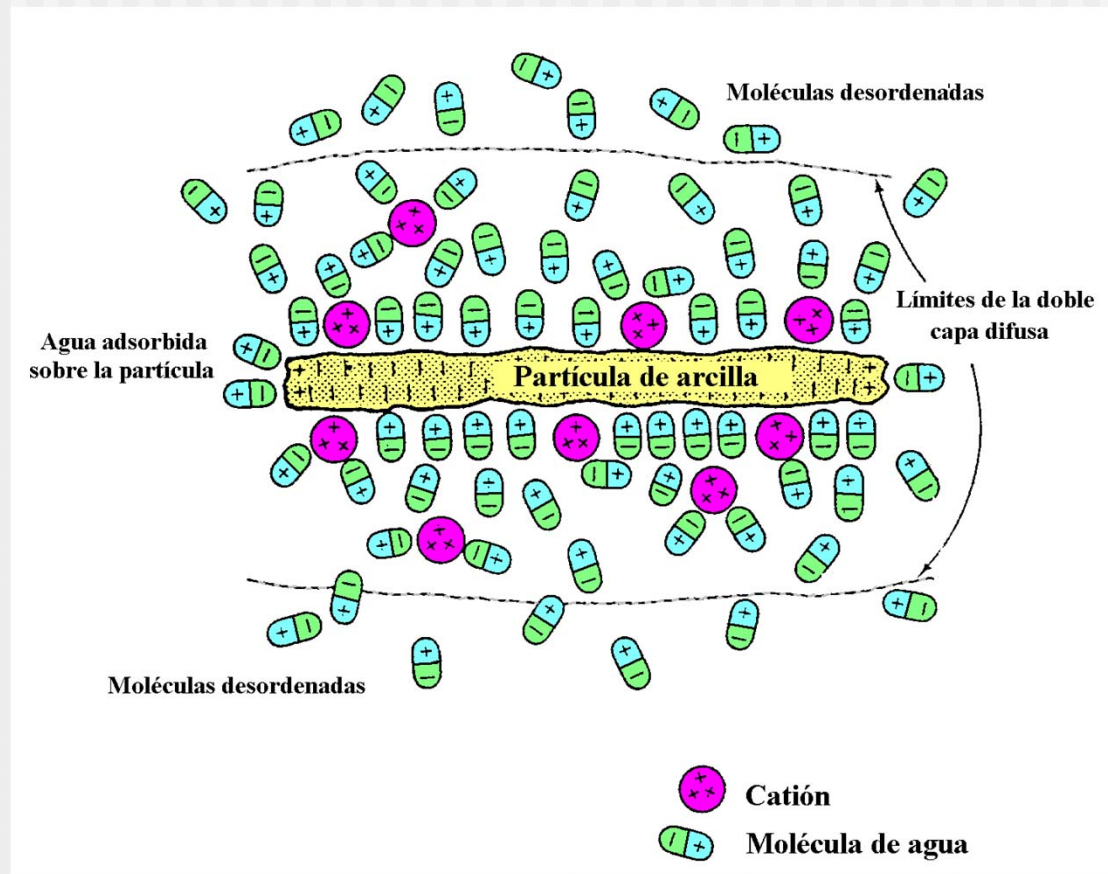
Arcillas

- La substitución de Si^{4+} y Al^{3+} por iones de menor carga (e.g., Mg^{2+}) determina la aparición de excesos de carga negativa

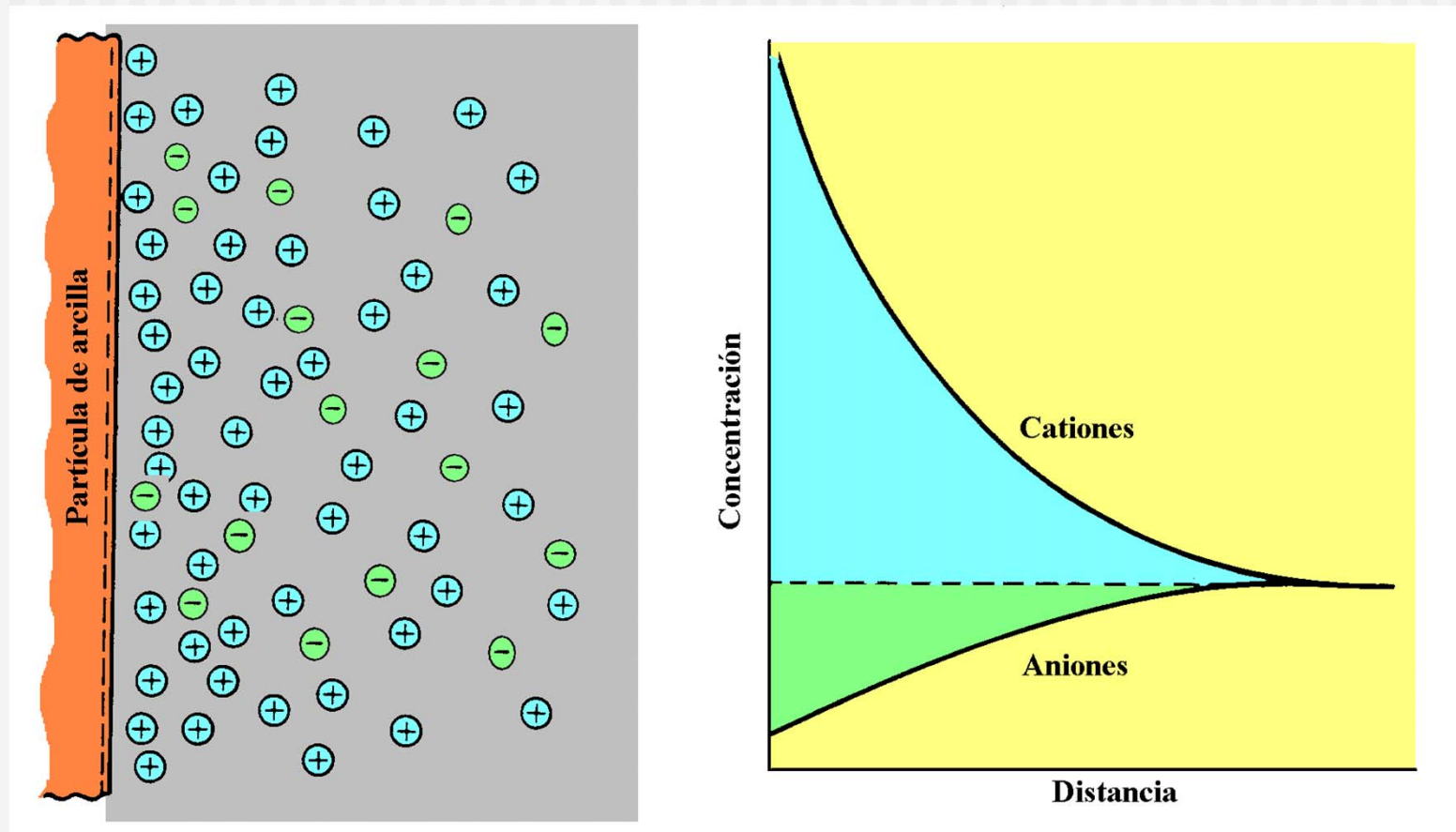


Partícula de arcilla con carga neta negativa

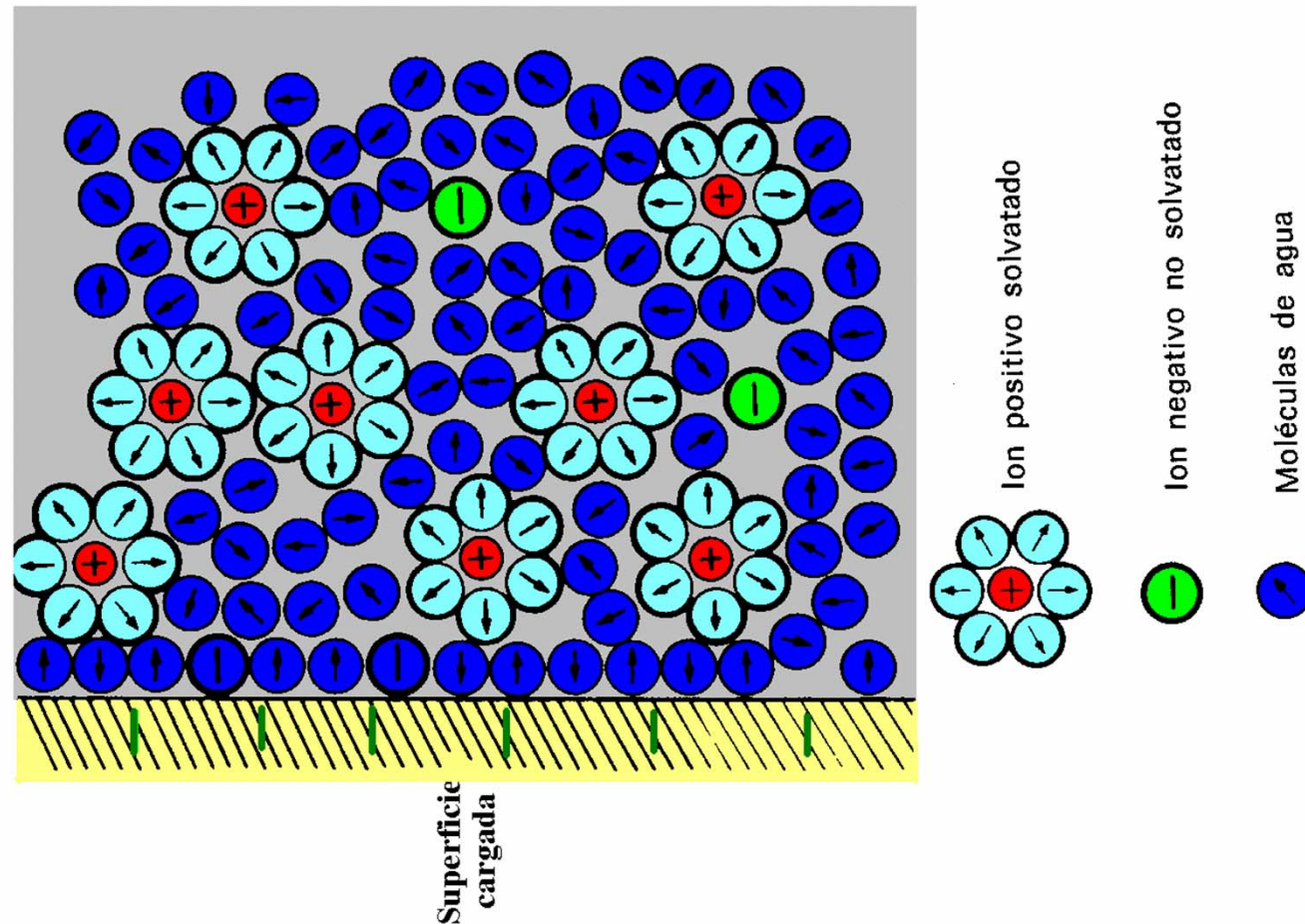
Interacción Agua-Arcilla



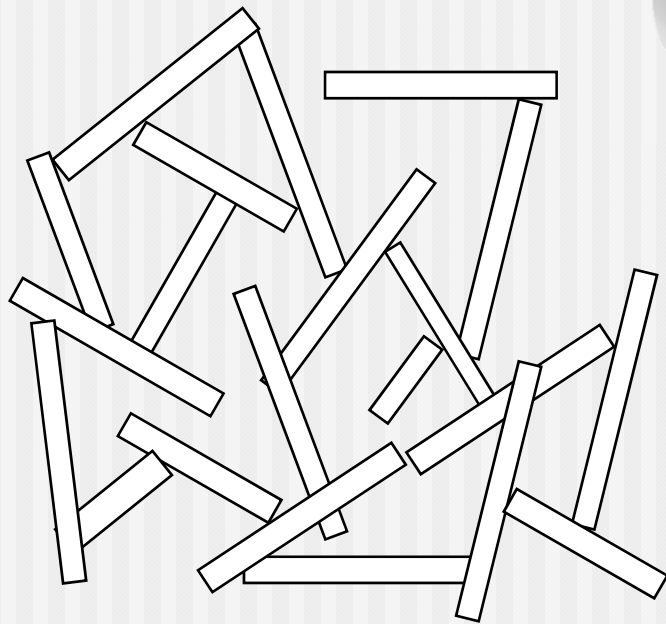
Interacción Agua-Arcilla



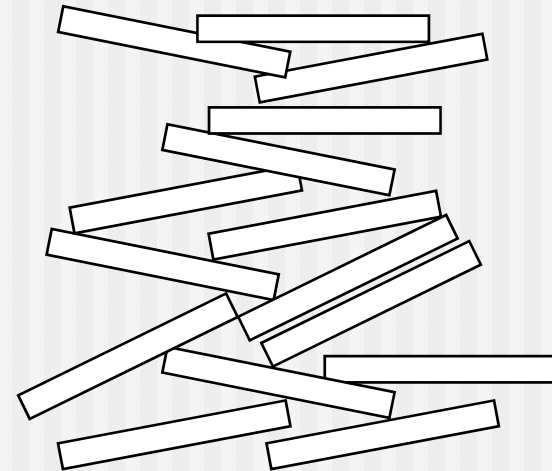
Interacción Agua-Arcilla



Arcillas: Fábrica

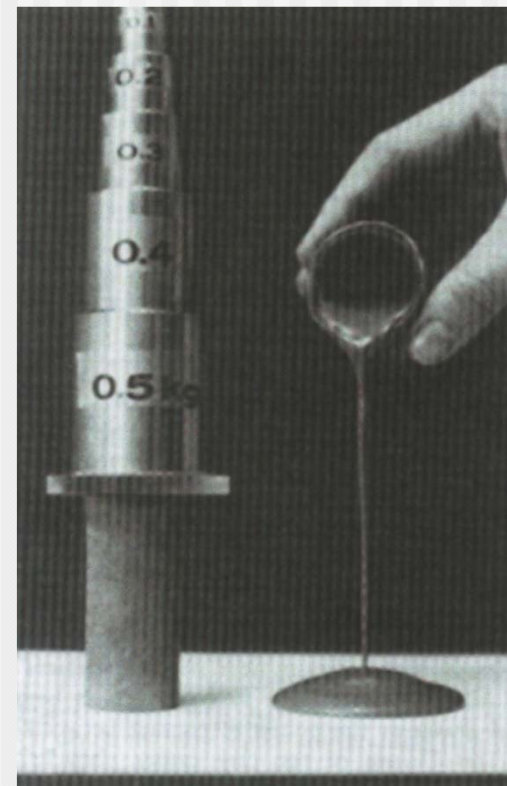


Floculada
(precipitación en
agua marina)

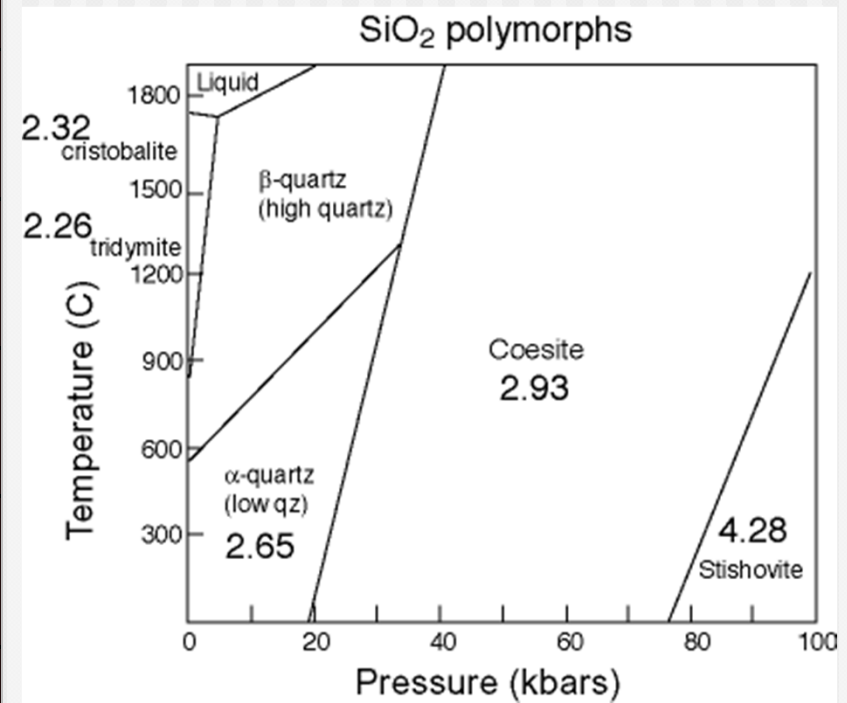
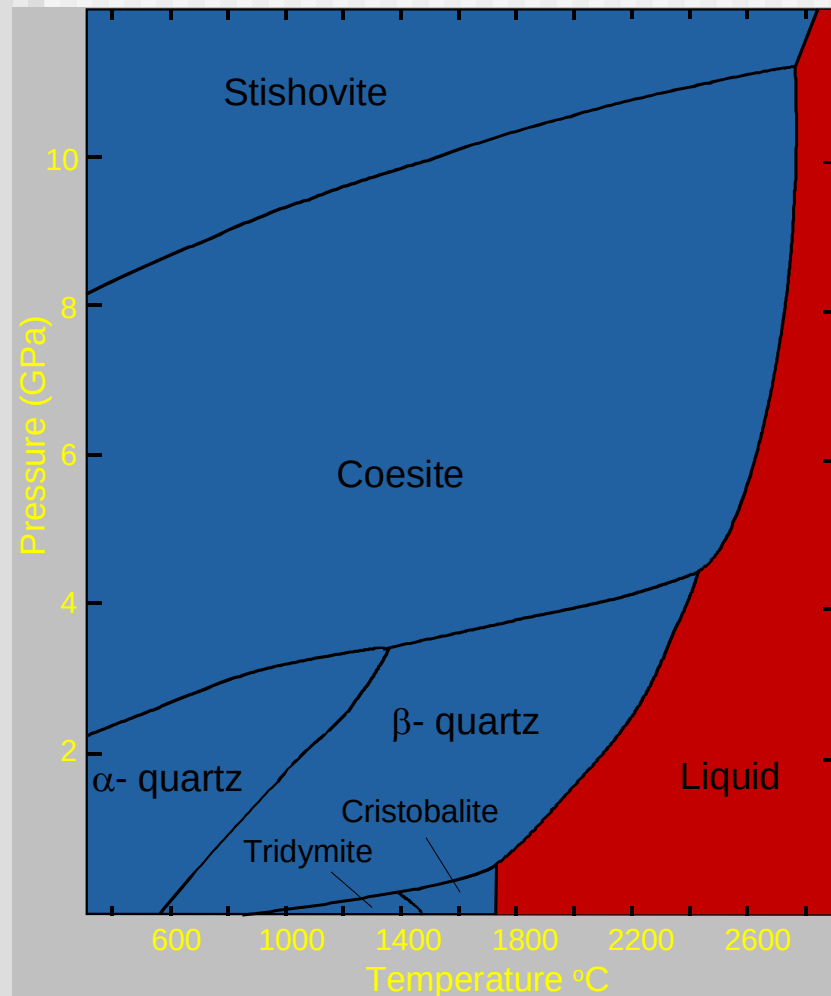


**Dispersa o
Defloculada**

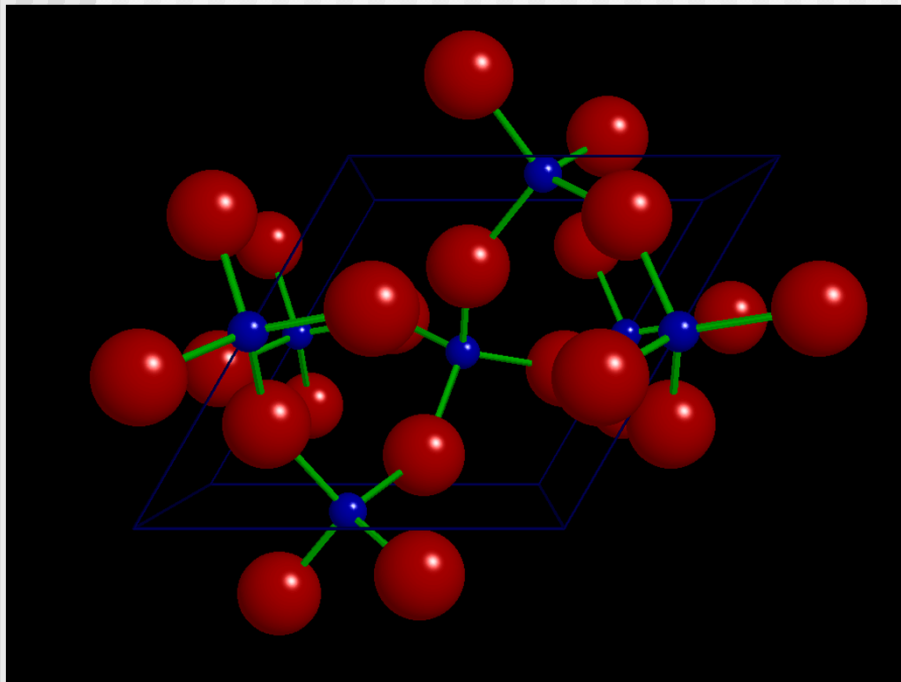
Arcillas: Fábrica



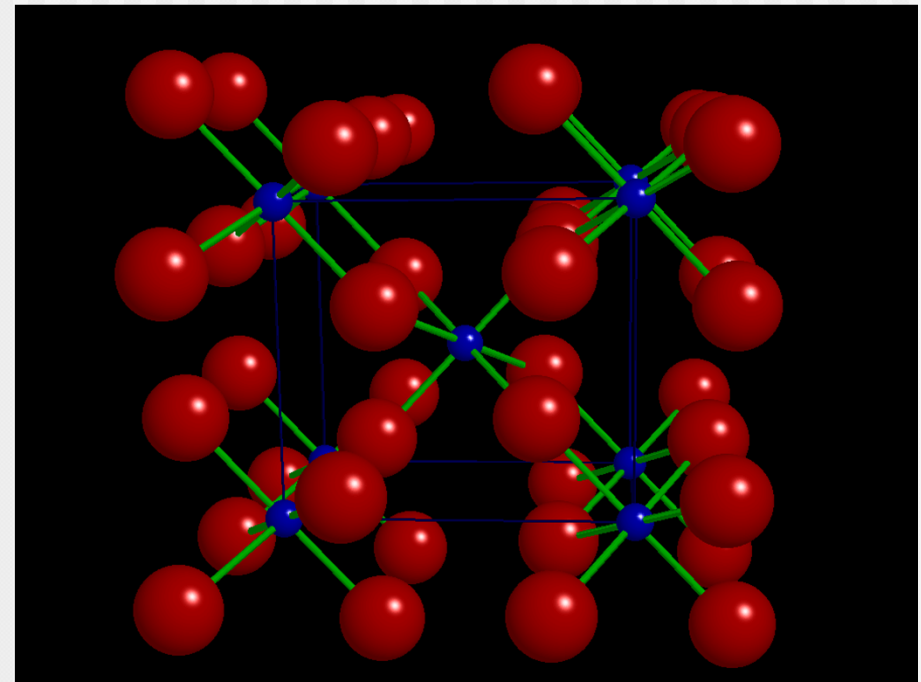
Tectosilicatos



Tectosilicatos



Cuarzo alfa: Si^{IV}



Estishovita: Si^{VI}

No Silicatos



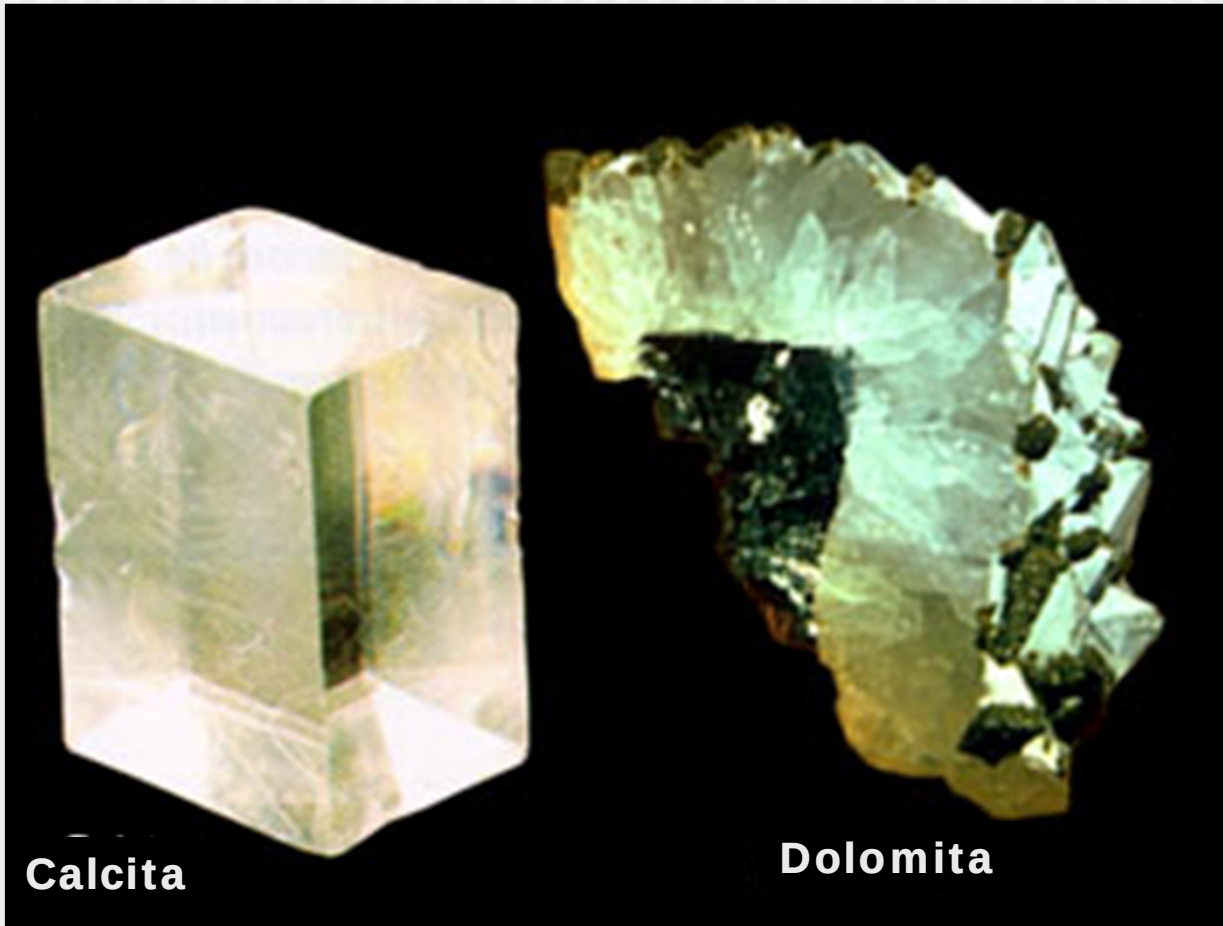
Óxidos



Sulfuros y Sulfatos



Carbonatos



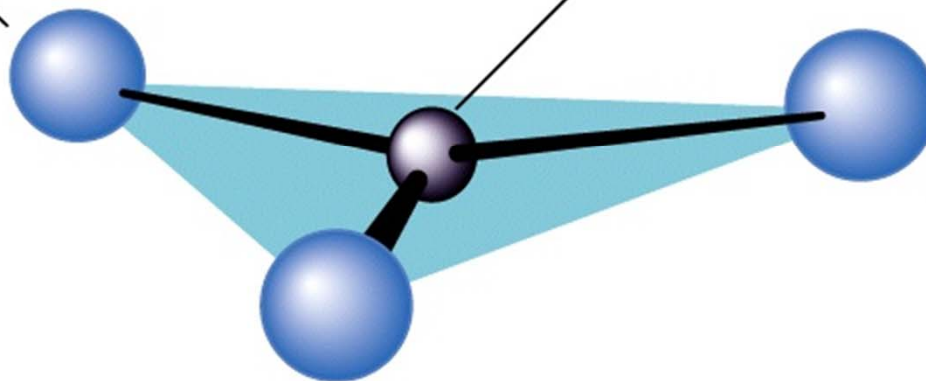
Calcita

Dolomita

Carbonatos

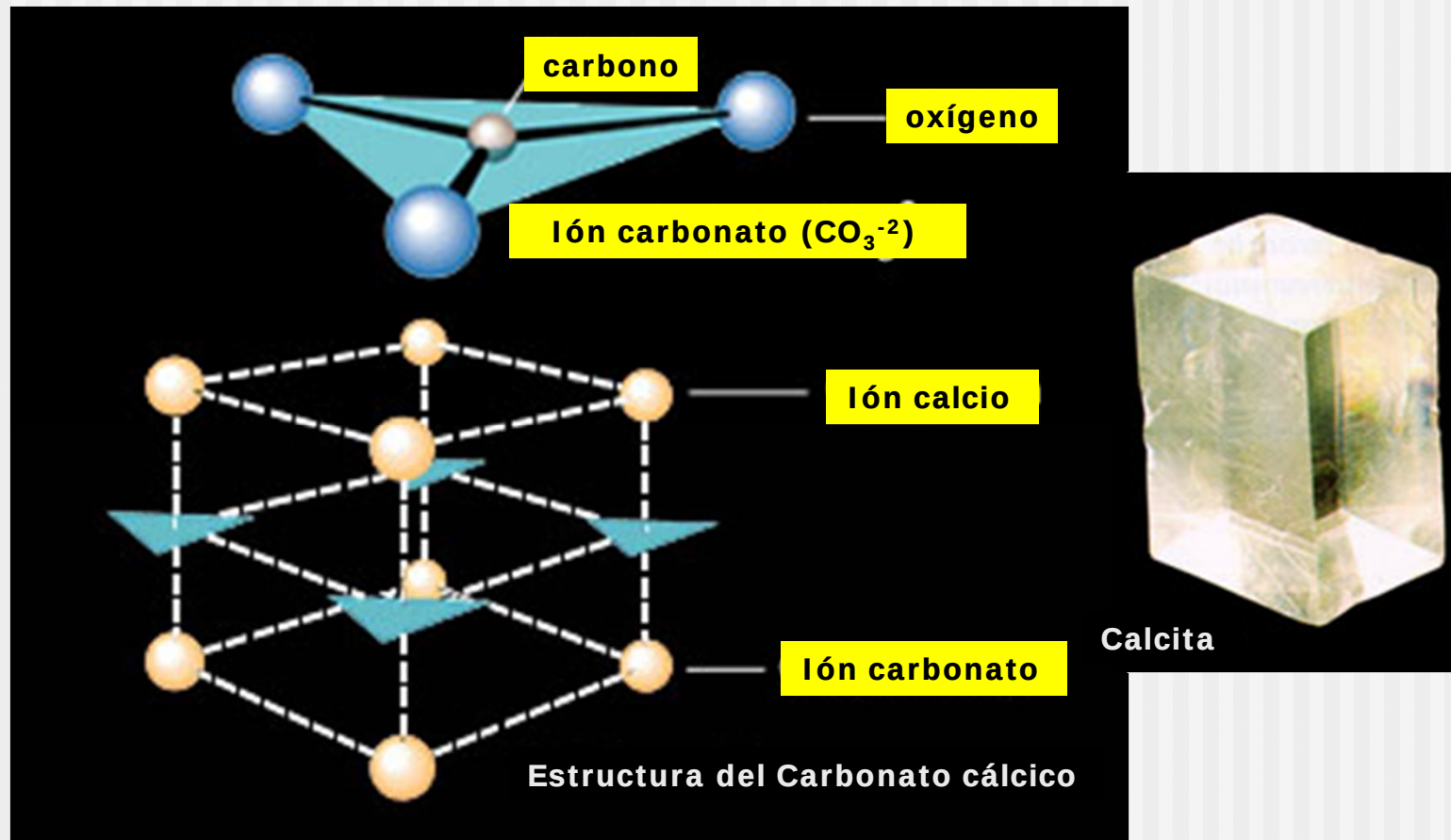
oxígeno

carbono



Ión carbonato (CO_3^{-2})

Carbonatos



Carbonatos

