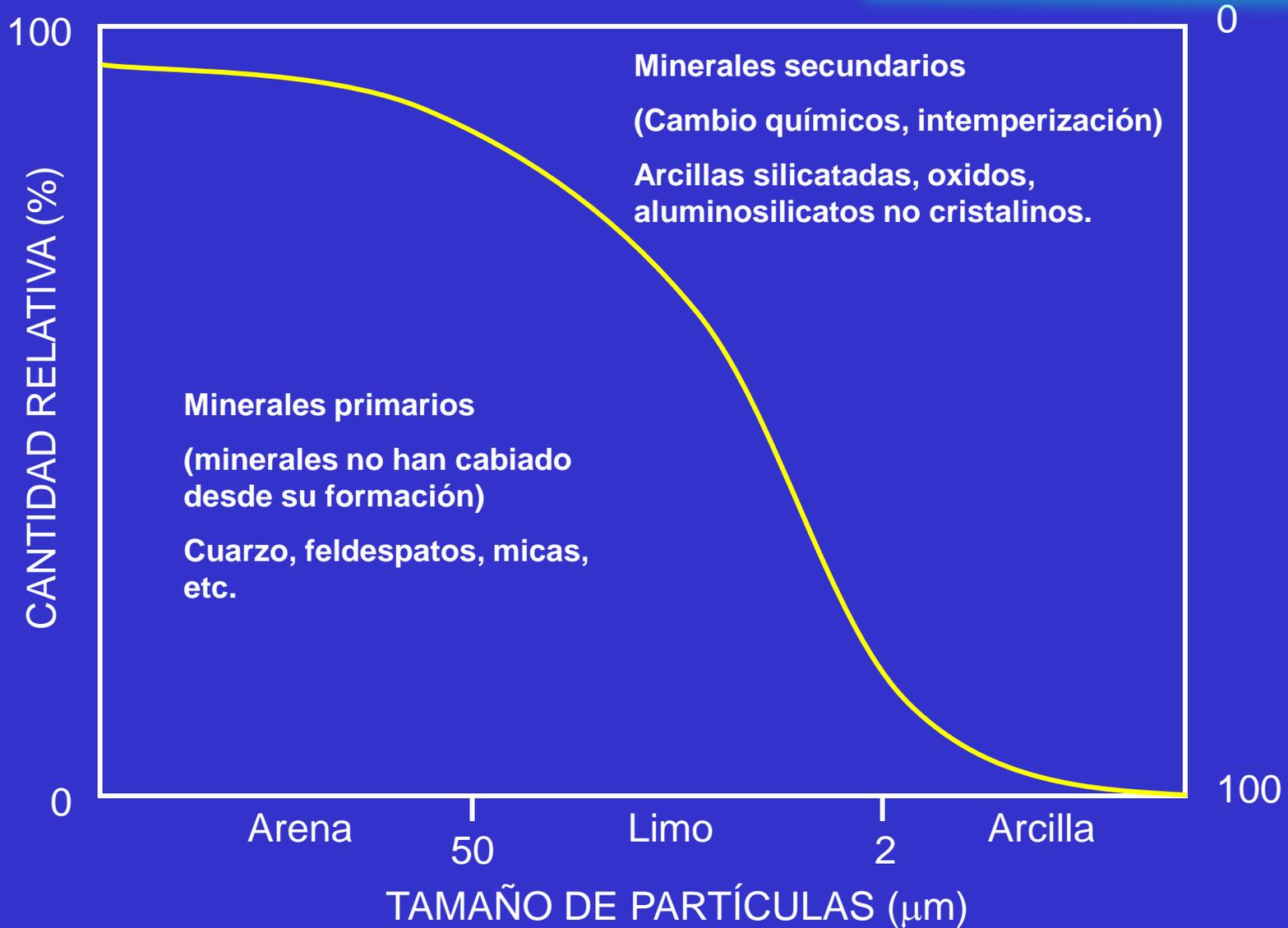


Comparen esta gráfica con la que aparece en el capítulo 1 del libro de P. Duchafour (Lectura asignada).



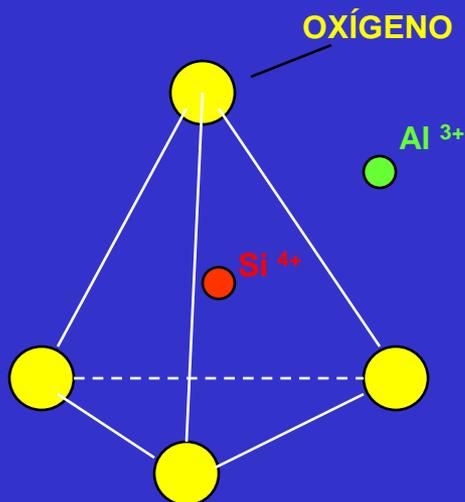
Sustitución isomórfica: Ocurre durante la formación de los minerales. Un elemento componente del mineral es reemplazado por otro elemento que presenta la misma forma (radio iónico), pero diferente carga. Generalmente Si es substituido por Al.

En capas tetraédricas: Si^{4+} es reemplazado por Al^{3+}

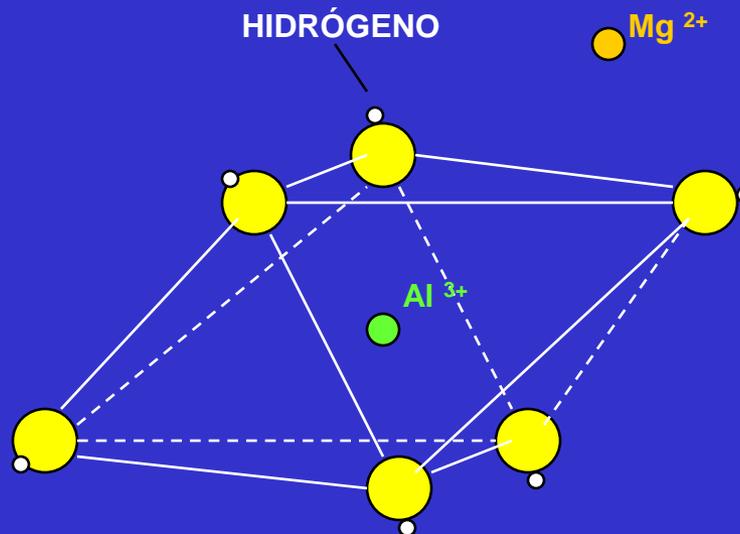
En capas octaédricas: Al^{3+} es reemplazado por Mg^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+}

Estos reemplazos conllevan a que las capas tengan una carga neta negativa. Esta carga negativa es balanceada por cationes localizados en la superficie de las capas o en posiciones entre capas.

Sustitución isomórfica:



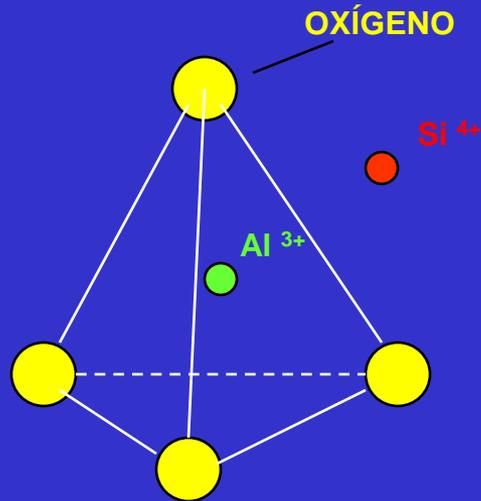
• Tetraedro de Si



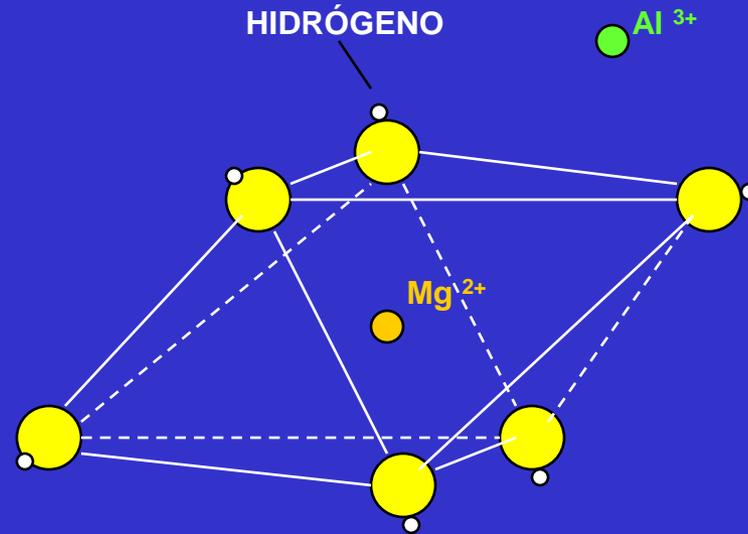
• Octaedro de Al

Recuerden que estas son las dos estructuras básicas que componen a las arcillas silicatadas. Estas estructuras minerales básicas se unen unas a otras al compartir los oxígenos. En este sentido, láminas de tetrahedros se unen a láminas de octahedros para formar las capas, ya sea del tipo 1:1, 2:1 o 2:1.:1. El proceso de sustitución isomórfica ocurre paralelamente durante la conformación de las capas.

Sustitución isomórfica:



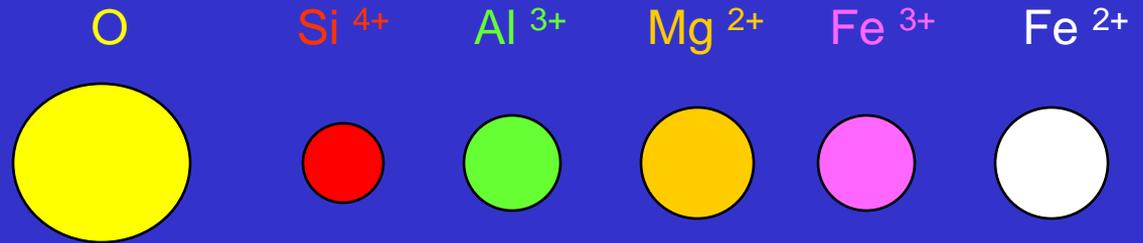
• Tetrahedro de Si



• Octaedro de Al

- La sustitución ocurre durante la formación de las arcillas, en las capas tetraédricas u octaédricas.
- La sustitución es limitada y gobernada por el radio atómico del ión. El ión entrante altera mínimamente la estructura original.
- Dependiendo del número de sustituciones se tendrán diferentes tipos de arcillas

Comparen en esta gráfica los diferentes tamaños de los átomos.



Radio iónico (nm)

0.140

0.041

0.050

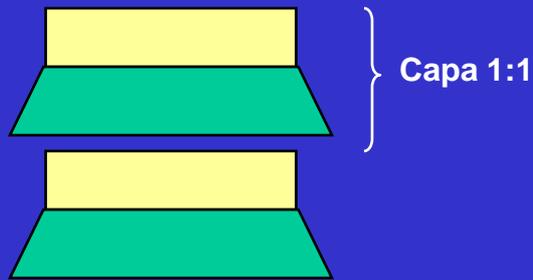
0.065

0.060

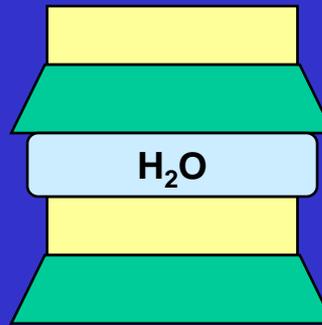
0.075

Hasta el momento hemos visto dos tipos de organización de las capas:

1. Combinación de una lámina de Si y una lámina de Al (Mineral del tipo 1:1)



Caolinita



Haloisita

*Los minerales del tipo 1:1 se les conoce como el grupo de las **Kanditas**.*

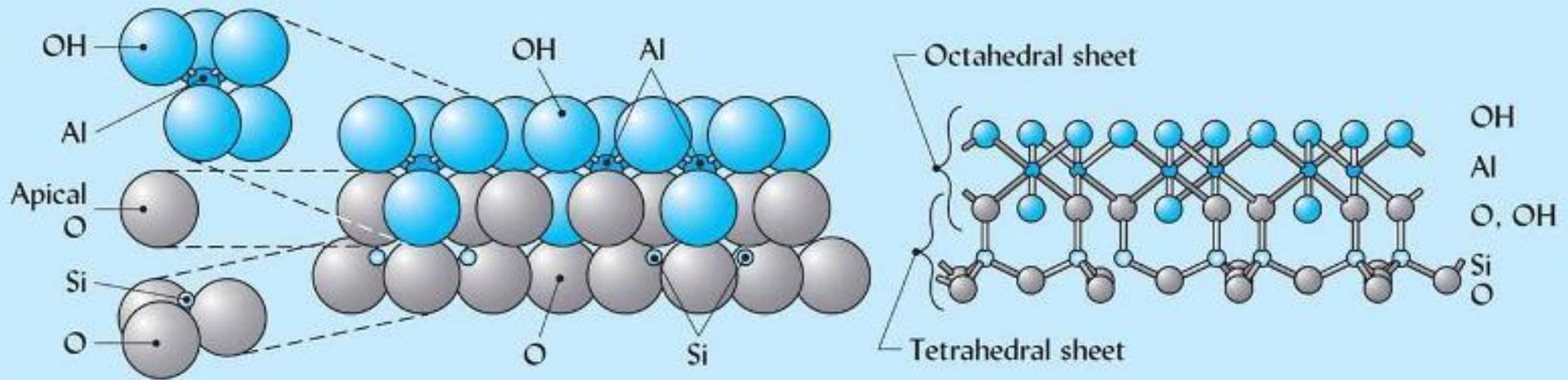


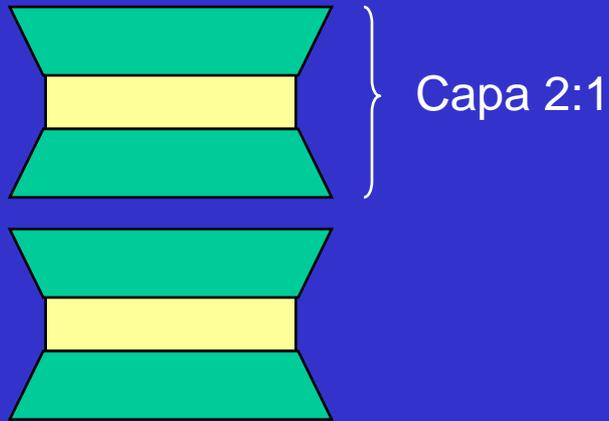
Diagrama más complejo de una caolinita. Nótese cómo se comparten los oxígenos entre las láminas octahédricas y tetrahédricas.

Características principales del grupo de las **kanditas**:

- Poca sustitución isomórfica. Por lo tanto con muy poca carga.
- Presencia de puentes de hidrógeno entre las capas 1:1.
- Muy poca contracción y expansión de las capas.
- Muy poco reactiva (Por ejemplo la caolinita es utilizada en la industria de la porcelana y como sustituto de la crema en el café!!).



2. Combinación de dos láminas de Si y una lámina de Al (Mineral del tipo 2:1)



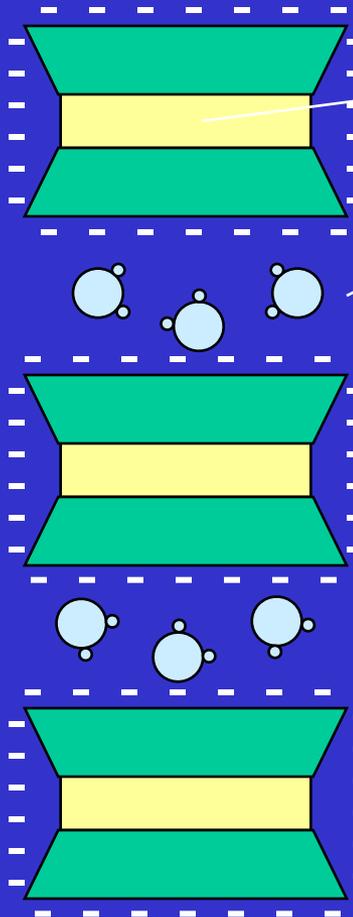
*Hay tres grupos principales de minerales del tipo 2:1:
La esmectitas, las vermiculitas y las illitas.*

Esmectitas:

Características principales de las esmectitas:

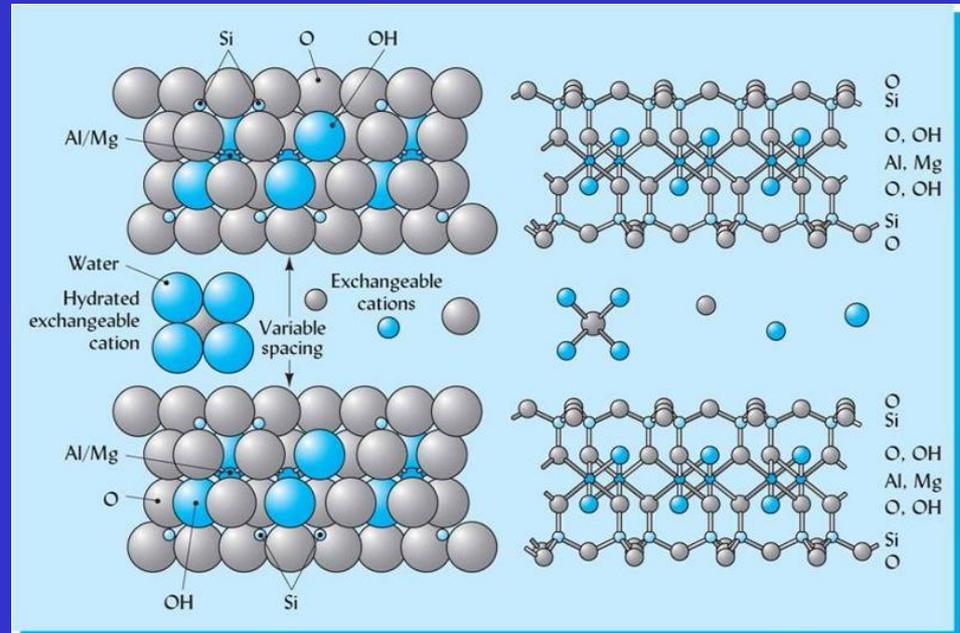
- **No hay enlaces de hidrógeno.**
- **Gran sustitución isomórfica en la capa octaédrica.**
- **Las cargas son balanceadas por cationes que se ubican entre las capas.**
- **Las zonas entre las capas están disponibles para recibir agua y cationes.**
- **Presentan contracción y expansión (0.98 – 1.8 nm)**

Un ejemplo de arcilla del grupo de las esmectitas es la Montmorillonita:



Gran sustitución isomórfica en la capa octaédrica.

Moléculas de agua (pueden entrar o salir dependiendo de las condiciones de humedad del medio ambiente)

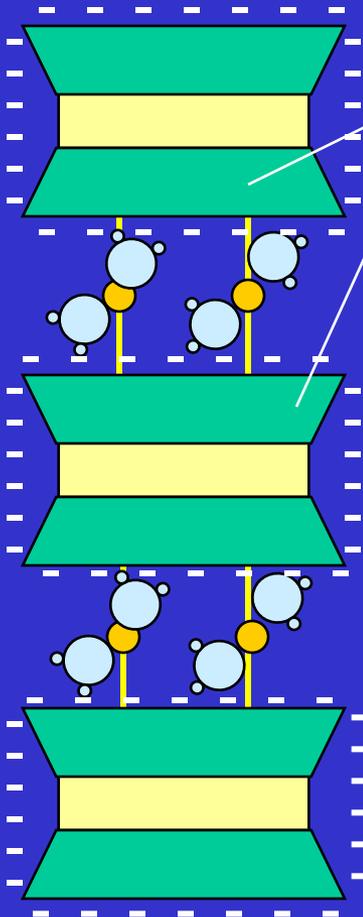


Vermiculitas:

Características principales de las vermiculitas:

- Es una arcilla del tipo 2:1.
- Gran sustitución isomórfica en la capa tetraédrica.
- Las cargas también son balanceadas por agua y cationes (principalmente Mg^{2+}) que se ubican entre las capas.
- Presentan **menor contracción y expansión comparadas con las esmectitas** debido a que los iones entrantes entre las intercapas son atraídos con más fuerza.
- La palabra vermiculita proviene de *vermicelli*, que significa pequeño gusano.

Vermiculitas



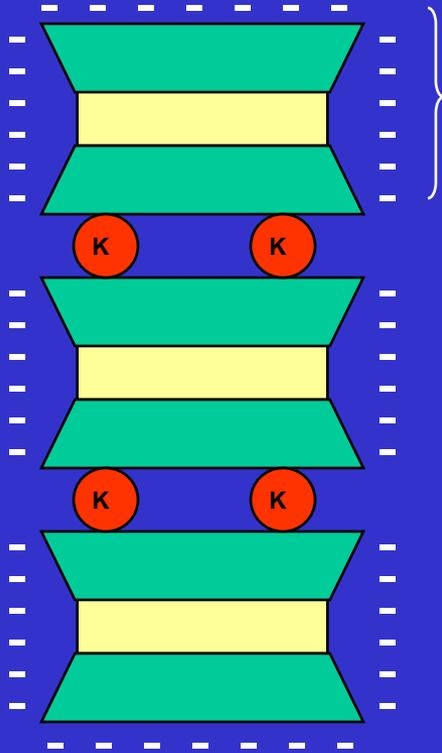
Gran sustitución isomórfica en la capas tetraédricas.

Illitas:

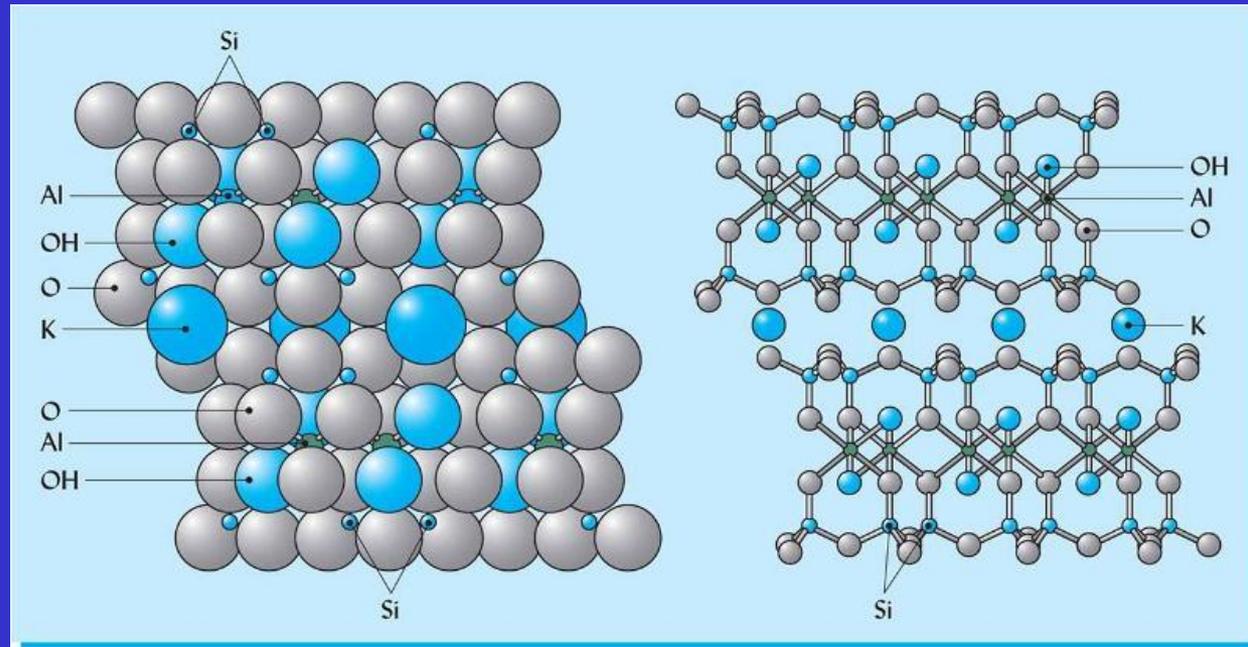
Características principales de las illitas:

- Es una arcilla del tipo 2:1.
- Gran sustitución isomórfica en la capa tetraédrica.
- Las cargas son balanceadas por K^+ ubicado entre las capas, el cual se coordina perfectamente con los átomos de oxígeno de las capas tetraédricas. Las moléculas de agua no pueden ubicarse entre las capas.
- **No presentan contracción y expansión.**
- También se le denomina mica hidratada debido a que se piensa que es un producto de la intemperización de las micas.
- La palabra illita proviene de Illinois.

Illitas:



Capa 2:1



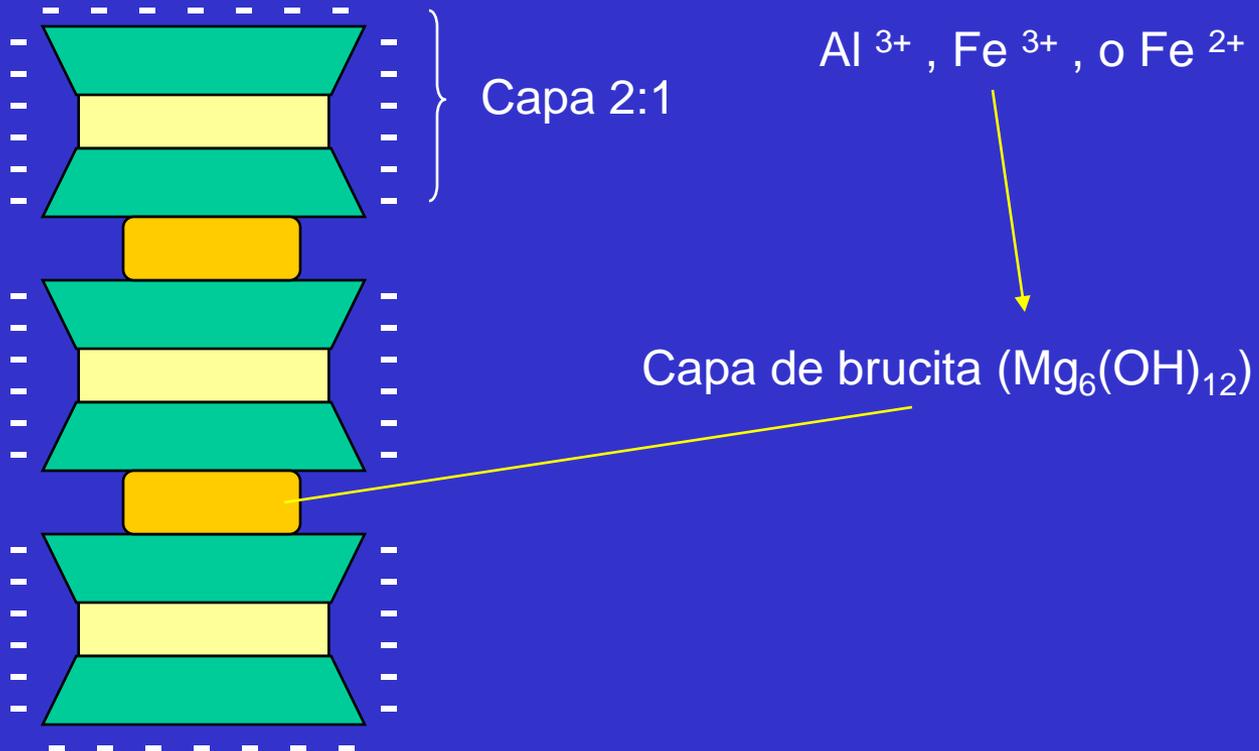
3. Combinación de dos láminas de Si, una lámina de Al y una entrecapa de hidróxido de Magnesio. (Mineral del tipo 2:1:1)

Cloritas:

Características principales de las cloritas:

- Es una arcilla del tipo 2:1:1.
- Una capa de hidróxido de magnesio ($\text{Mg}_6(\text{OH})_{12}$) (Brucita) ocupa el espacio entre capas de las estructuras 2:1.
- La estructura 2:1 es similar a la de las esmectitas y vermiculitas.
- El mayor cambio es en la capa de brucita.
- Sustitución isomórfica en la capa de brucita en que Mg^{2+} puede ser sustituido por Al^{3+} , Fe^{3+} , o Fe^{2+} .
- La carga neta de la capa de brucita es positiva, lo cual promueve la formación de enlaces muy fuertes entre las capas.
- No hay expansión y contracción.

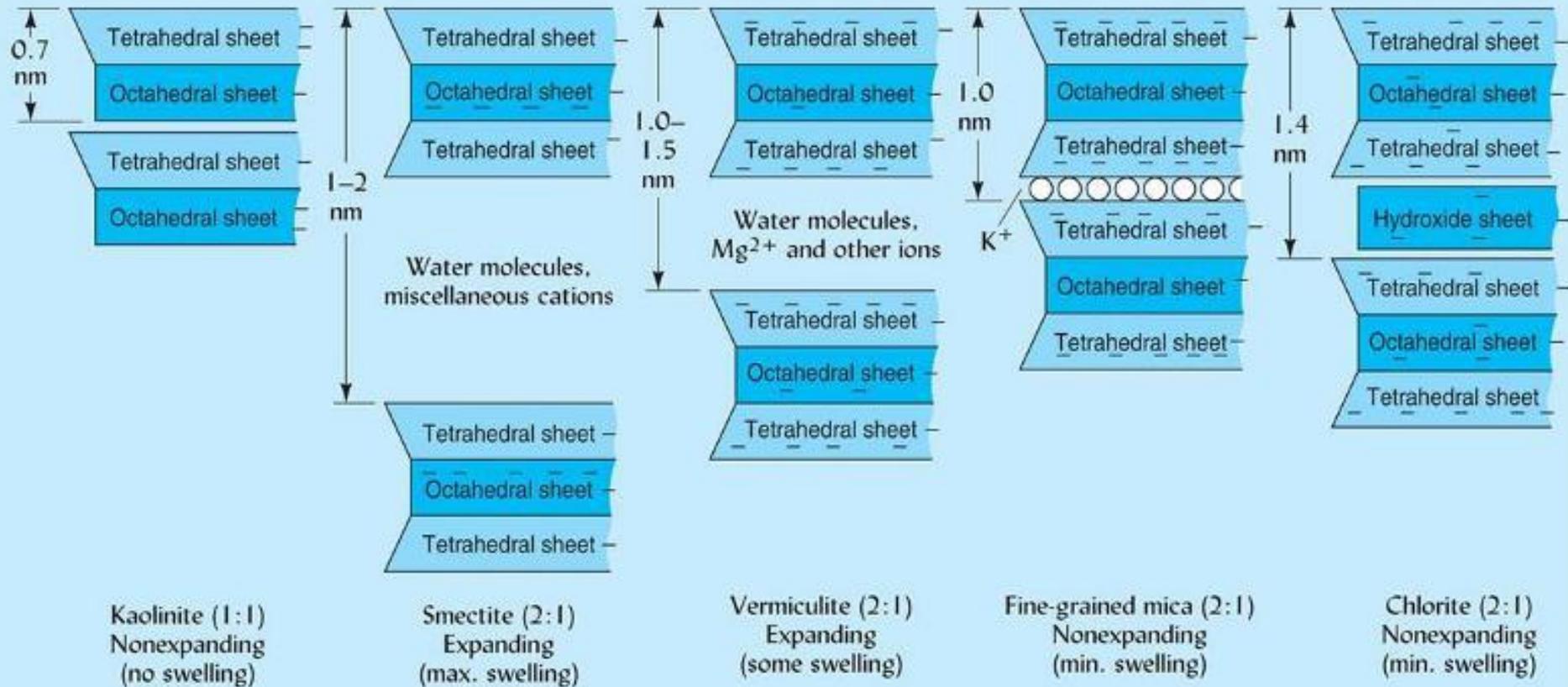
Sustitución isomórfica



Nota recordatoria

PRINCIPALES TIPOS DE MINERALES DE LA FRACCIÓN ARCILLA

- Aluminosilicatos ✓
- Óxidos e hidróxidos de Fe y Al (Sesquióxidos)



Arcillas no silicatadas:

Algunos suelos contienen gran cantidad de minerales no silicatados del tamaño de las arcillas. Estos minerales no contienen Si pero presentan algunas propiedades similares a las arcillas silicatadas.

Óxidos e hidróxidos de Fe y Al (Sesquióxidos)

- Estos minerales pueden ser cristalinos o amorfos.
- Están conformados por capas octahédricas (los cristalinos) exclusivamente.
- No presentan sustitución isomórfica pero si tienen carga, la cual es variable dependiendo del pH del suelo

Arcillas no silicatadas:

Óxidos e hidróxidos de Fe y Al (Sesquióxidos)

Los **variedades cristalinas** de estos minerales son comunes en los suelos.

Hematita Fe_2O_3 Usualmente de color rojo

Magnetita Fe_3O_4

Ferrihidrita $5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Goethita (Hidróxido de hierro) FeOOH

Gibbsita $\text{Al}(\text{OH})_3$

Arcillas no silicatadas:

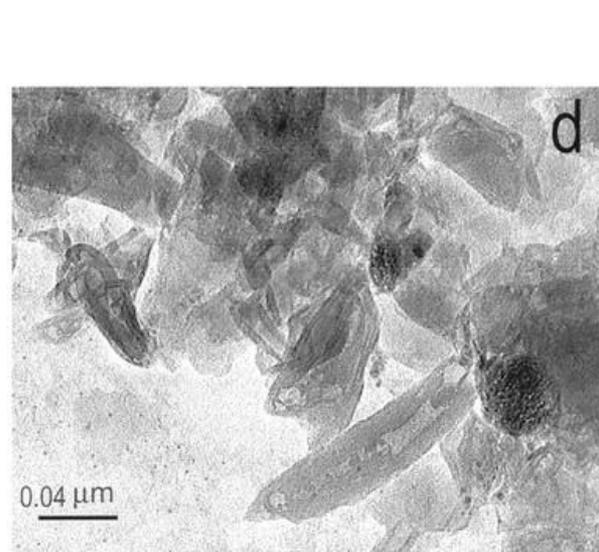
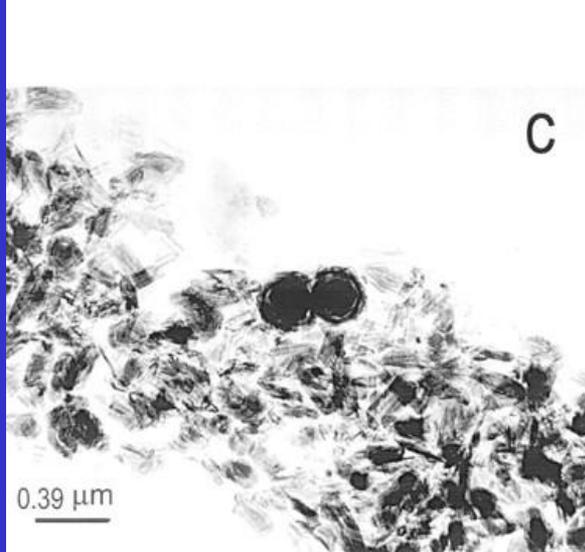
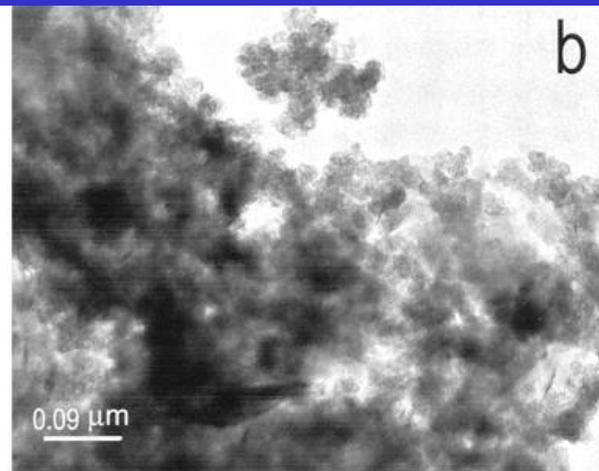
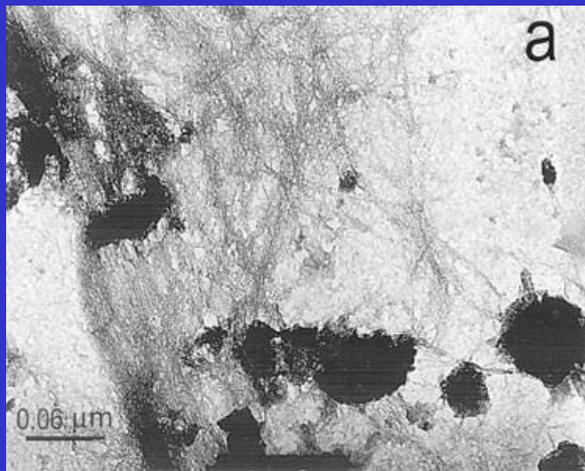
Óxidos e hidróxidos de Fe y Al (Sesquióxidos)

Los **variedades amorfas** de estos minerales reciben el nombre general de **alofán**, el cual se piensa es un **gel (típico de suelos volcánicos)**. Estos minerales amorfos poseen gran capacidad de intercambio de iones (cationes o aniones). Algunos minerales amorfos son:

Alofana

Imogolita

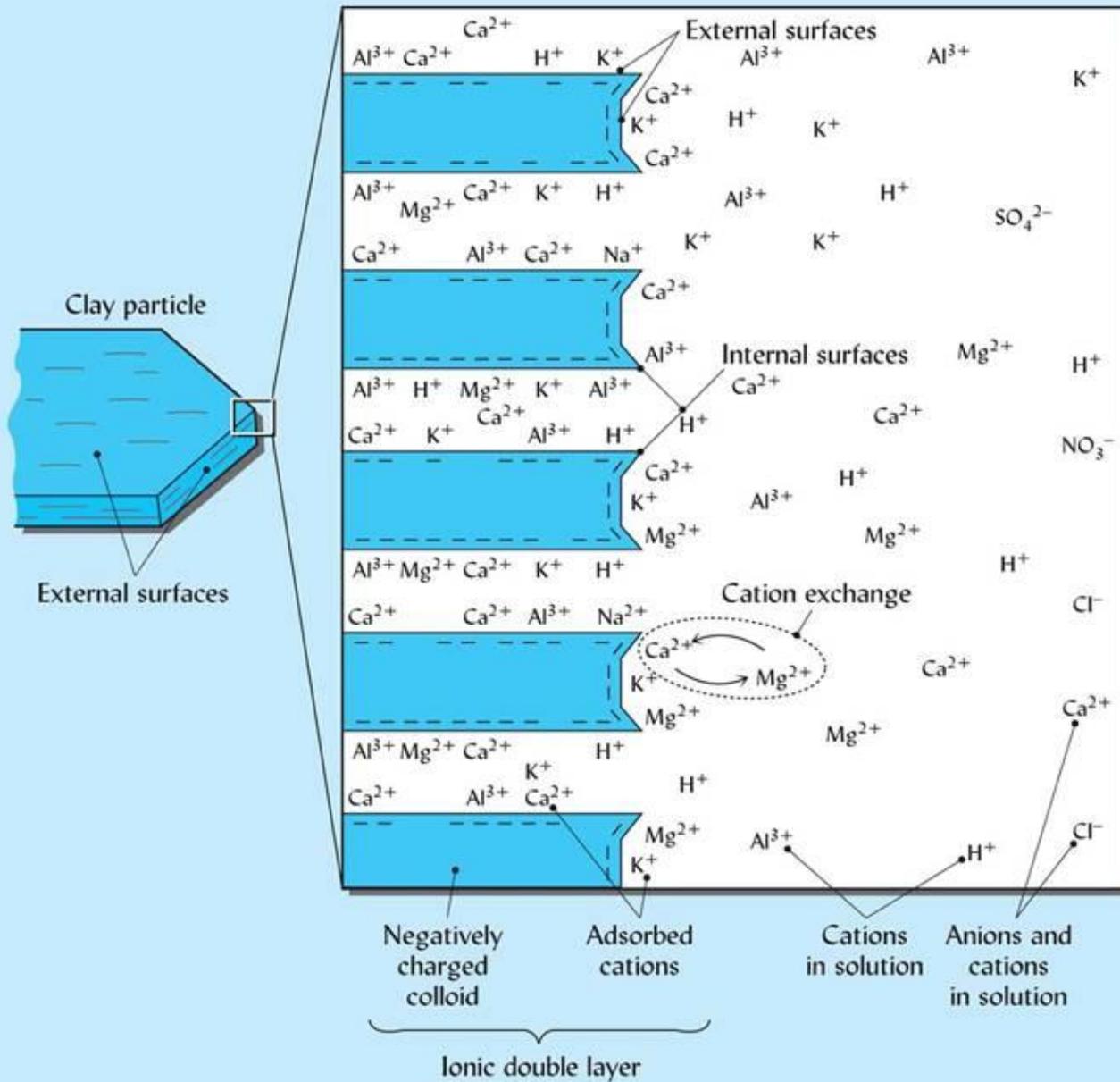
Zeolita



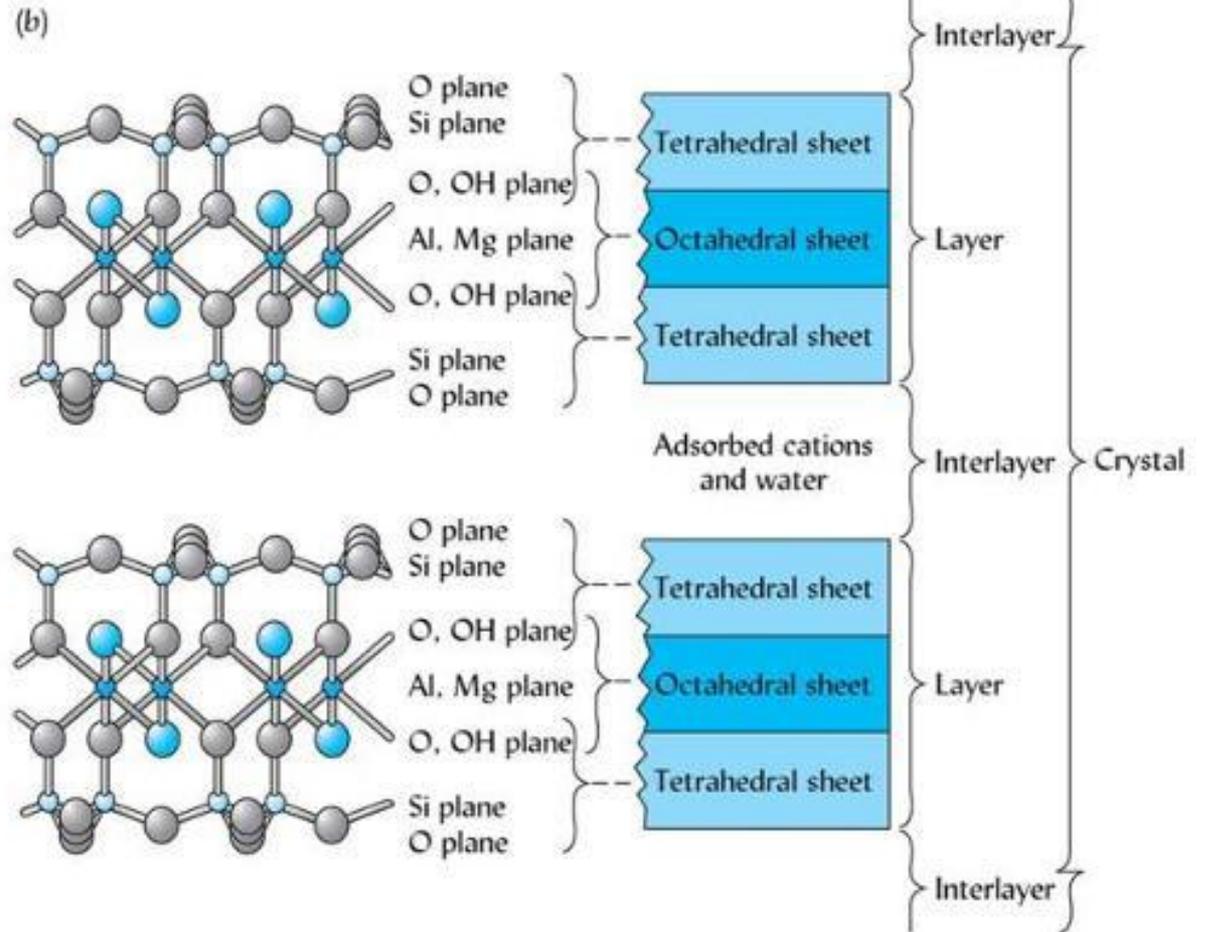
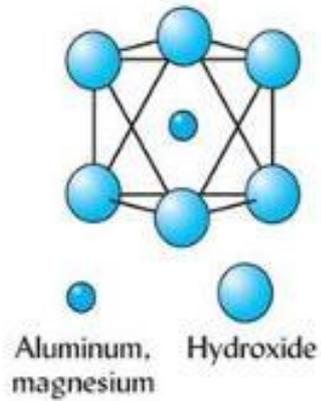
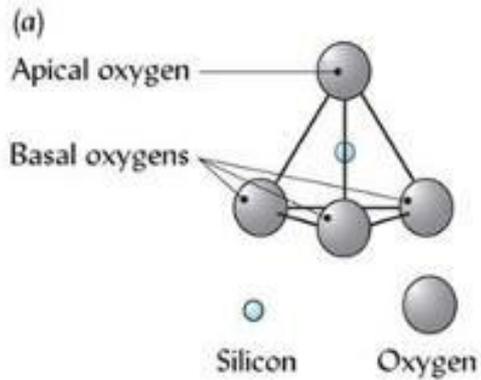
Microfotografías de la fracción arcilla de algunos horizontes de suelo: (a) fibras lisas y onduladas de Imogolita, (b) agregados de partículas esféricas y circulares de alofán, (c y d) esferoides y tubos de haloisita (mineral cristalino 1:1). *Foto obtenida de: Genesis of Tephra-derived Soils from the Roccamonfina Volcano, South Central Italy . A. Vacca^a, P. Adamo^b, M. Pigna^b and P. Violante. Soil Science Society of America Journal 67:198-207 (2003)*



Esquema más complejo (pero muy didáctico) de visualización de la estructura mineral de una arcilla silicatada. La próxima imagen sirve para captar el enlace entre estructuras mediante el compartir los oxígenos.



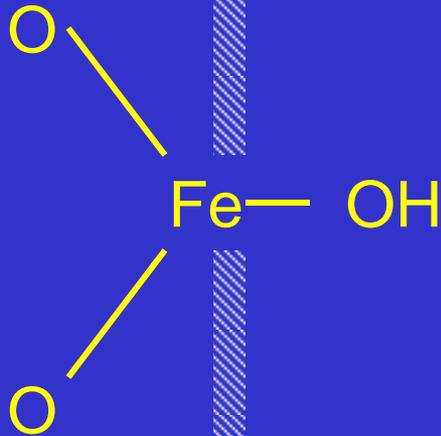
Representación simplificada de un cristal silicatado de arcilla y cationes y aniones en la solución suelo. La vista ampliada a la derecha muestra que la arcilla está conformada de “hojuelas” o capas con superficies externas e internas cargadas negativamente. La partícula cargada negativamente actúa como un “inmenso anión” que atrae y *adsorbe* a un montón de cationes (+) (la famosa atracción de los polos opuestos!!!) La concentración de los cationes decrece con la distancia a la partícula de arcilla. Los aniones como Cl⁻, NO₃⁻, and SO₄²⁻, que son repelidos desde los sitios de carga negativa de la arcilla pueden ser encontrados en la solución suelo (más a la derecha en esta figura). Algunas arcillas (no mostradas en la figura) pueden tener cargas positivas que pueden atraer a estos aniones. Texto traducido de http://faculty.yc.edu/ycfaculty/ags105/week08/soil_colloids/soil_colloids_print.html



De qué parte provienen las cargas en estos minerales?

Mineral

Solución suelo



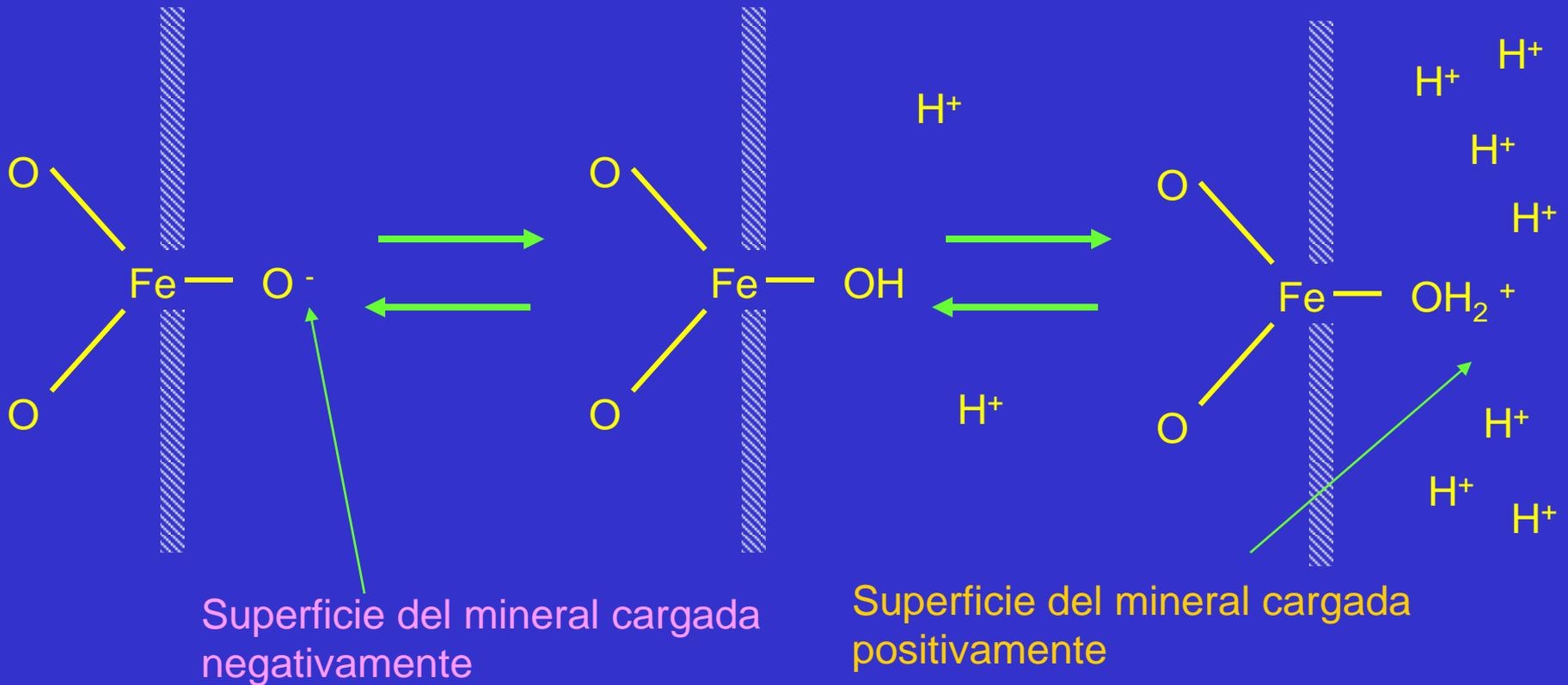
Borde entre el mineral y la solución suelo

pH alto (más básico)

(pocos H^+ en la solución suelo)

pH bajo (más ácido)

(muchos H^+ en la solución suelo)



Las cargas del mineral varían de acuerdo al pH de la solución suelo (proceso de protonación deprotonación).

Arcillas no silicatadas:

- Los sesquióxidos están presentes normalmente en suelos antiguos.
- Estos minerales generalmente forman capas que envuelven a otros minerales.

Arcillas no silicatadas:

Carbonatos y sulfatos

Dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Calcita CaCO_3

Yeso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Bicarbonato de sodio $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

También cubren a modo de capas a otros minerales del suelo. El agua puede disolverlos mucho más fácilmente comparado con otros minerales

Primary aluminosilicates

High in K

High in Mg, Ca, Na, Fe

Microcline

Orthoclase

Others

Muscovite

Micas

Biotite

Primary chlorite

Soda lime

Feldspars

Augite

Hornblende

Others

