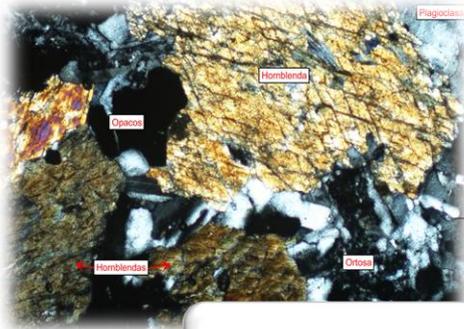


Minerales Primarios y Secundarios de los Suelos



M.Sc. Gabriel Garbanzo León

Centro de Investigaciones Agronómicas

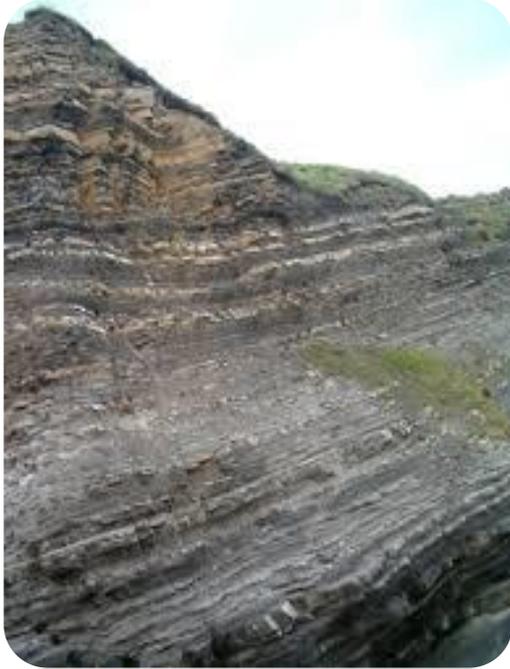
Universidad de Costa Rica

juan.garbanzo@ucr.ac.cr



Hablemos de rocas





Levantadas de pisos marinos



Por erupciones volcánicas





Rocas de altas densidades





Roca ígneas



Roca Sedimentarias

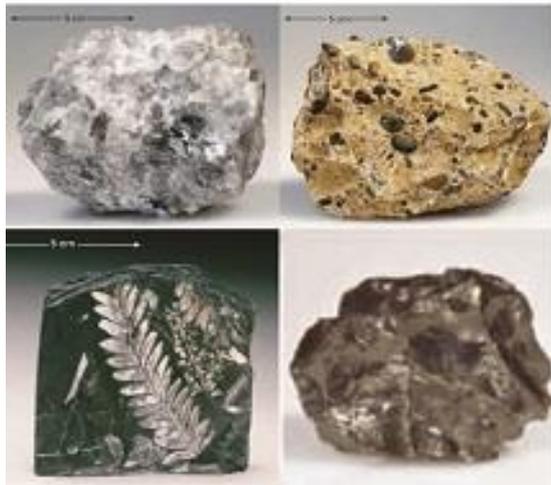


Roca Metamórficas

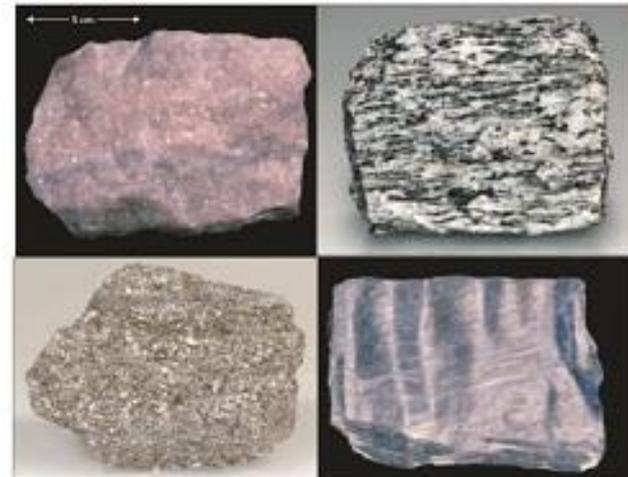
Rocas ígneas



Rocas sedimentarias



Rocas metamórficas

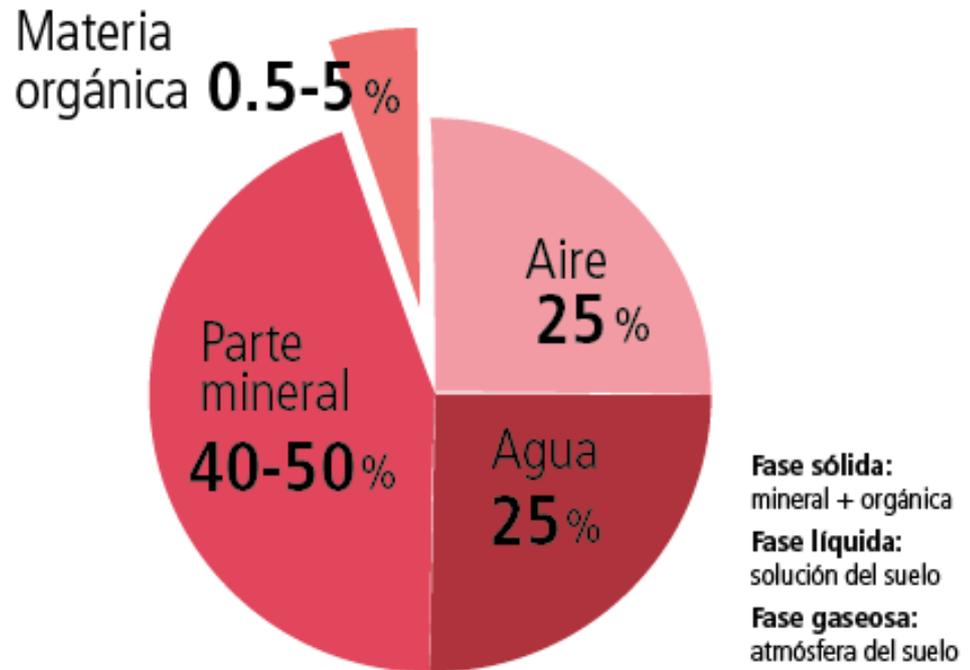


Fracción Inorgánica del suelo

Componentes orgánicos
(M.O.)

Minerales primarios
(En la fracción de Limos y Arenas)

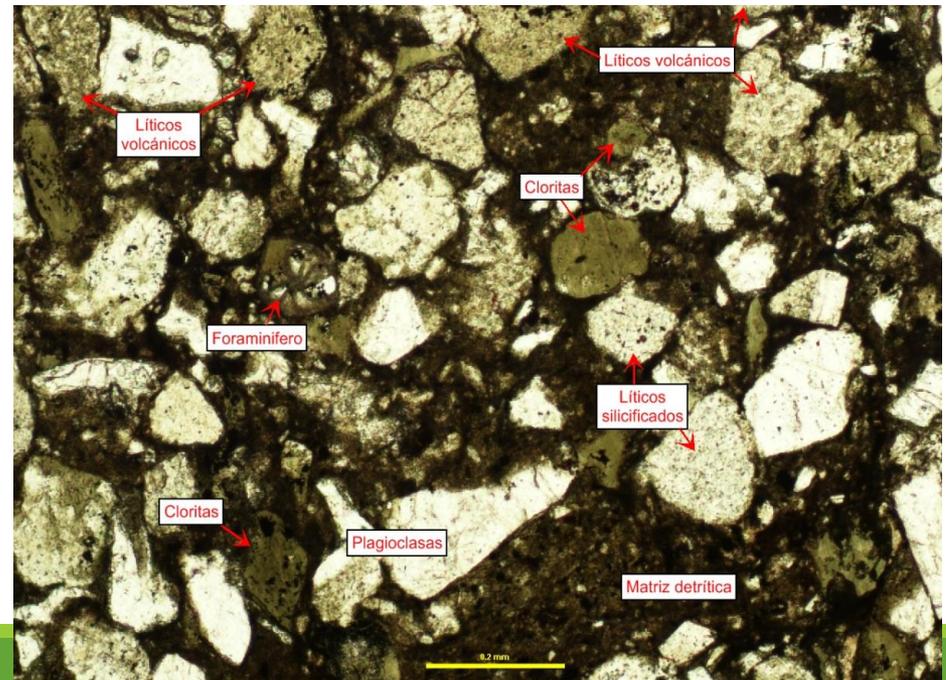
Minerales Secundarios
(En la fracción de Arcillas)



¿Qué es un mineral?

Es un compuesto químico inorgánico natural de composición sólida, con estructura cristalina definida. Se diferencian de las rocas, ya que estas últimas tienen un arreglo de minerales o no minerales y que no tienen una composición química específica.

Diamante, Pirrita,
Galena, Cuarzo,
Olivino, plagioclasas
entre otras.





Olivino



Piroxeno



Plagioclasas



Anfíbol



Cuarzo



Ortosa



Biotita



Muscovita



Pirita

MINERALES PRIMARIOS

Presentes en la roca madre, Arenas y Limos.



**Contenido de la roca madre
Grado de meteorización
Resistencia a la meteorización
Granulometría**

MINERALES PREDOMINANTES EN LA CORTEZA TERRESTRE

Cuarzo (SiO)

Ortoclasa (K-Al-SiO)

Plagioclasas (Na-Ca-Al-SiO)

Muscovita (K-Al-SiO)

Anfíboles (Ca-Fe-Mg-SiO)

Piroxenos (Ca-Fe-Mg-SiO)

Olivino (Fe-Mg-SiO)

Apatita (Ca-PO)

Secuencia de meteorización de goldich en partículas del tamaño de arena

Minerales
Ferromagnesianos

Feldespatos básicos

Olivino



Piroxeno



Anfíbol



Biotita



Felpespato potásico

Felpespato cálcico



Felpespato sódico



Muscovita

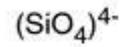
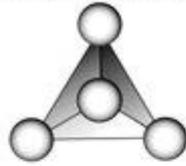


Cuarzo

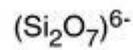
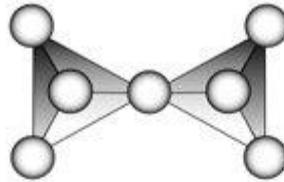
Aumento de la resistencia a la meteorización

Estructura de los silicatos

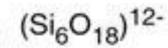
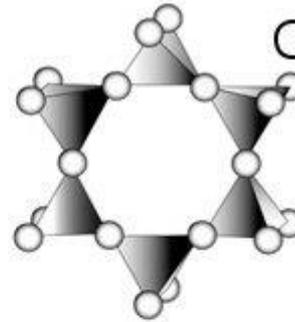
nesosilicato



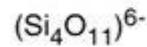
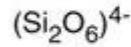
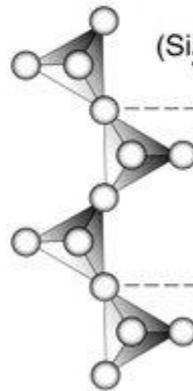
Sorosilicato



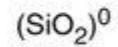
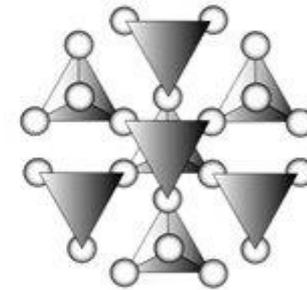
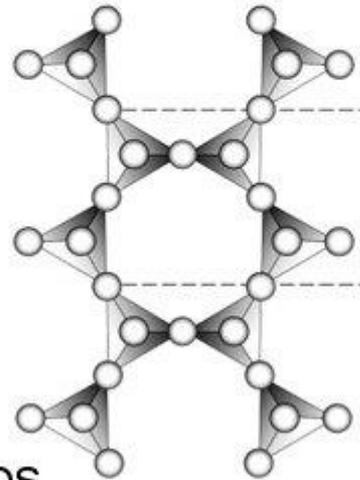
Ciclosilicato



Inosilicatos



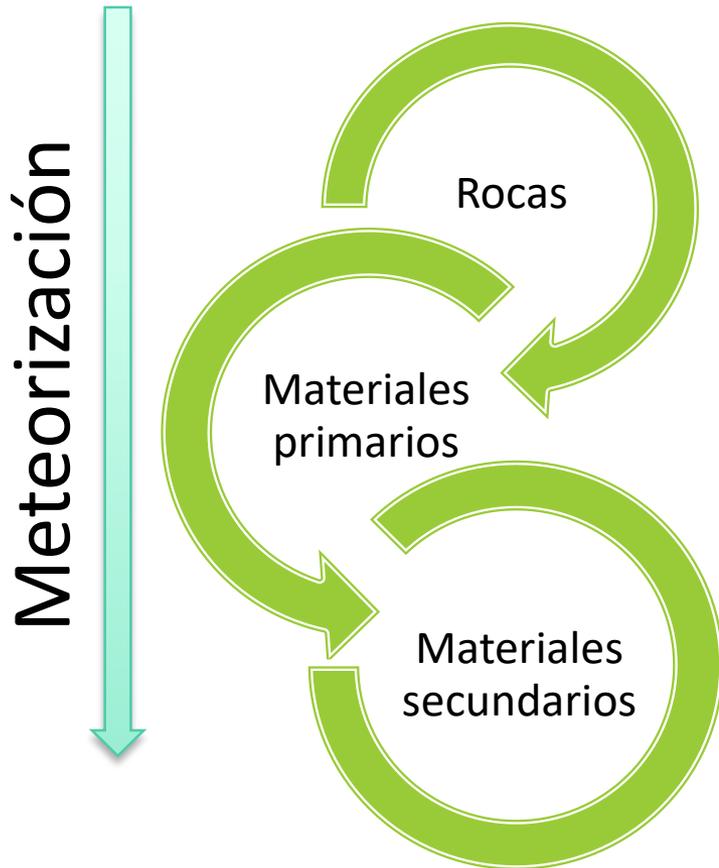
Inosilicatos



Tectosilicato

Filosilicato

Génesis de suelos



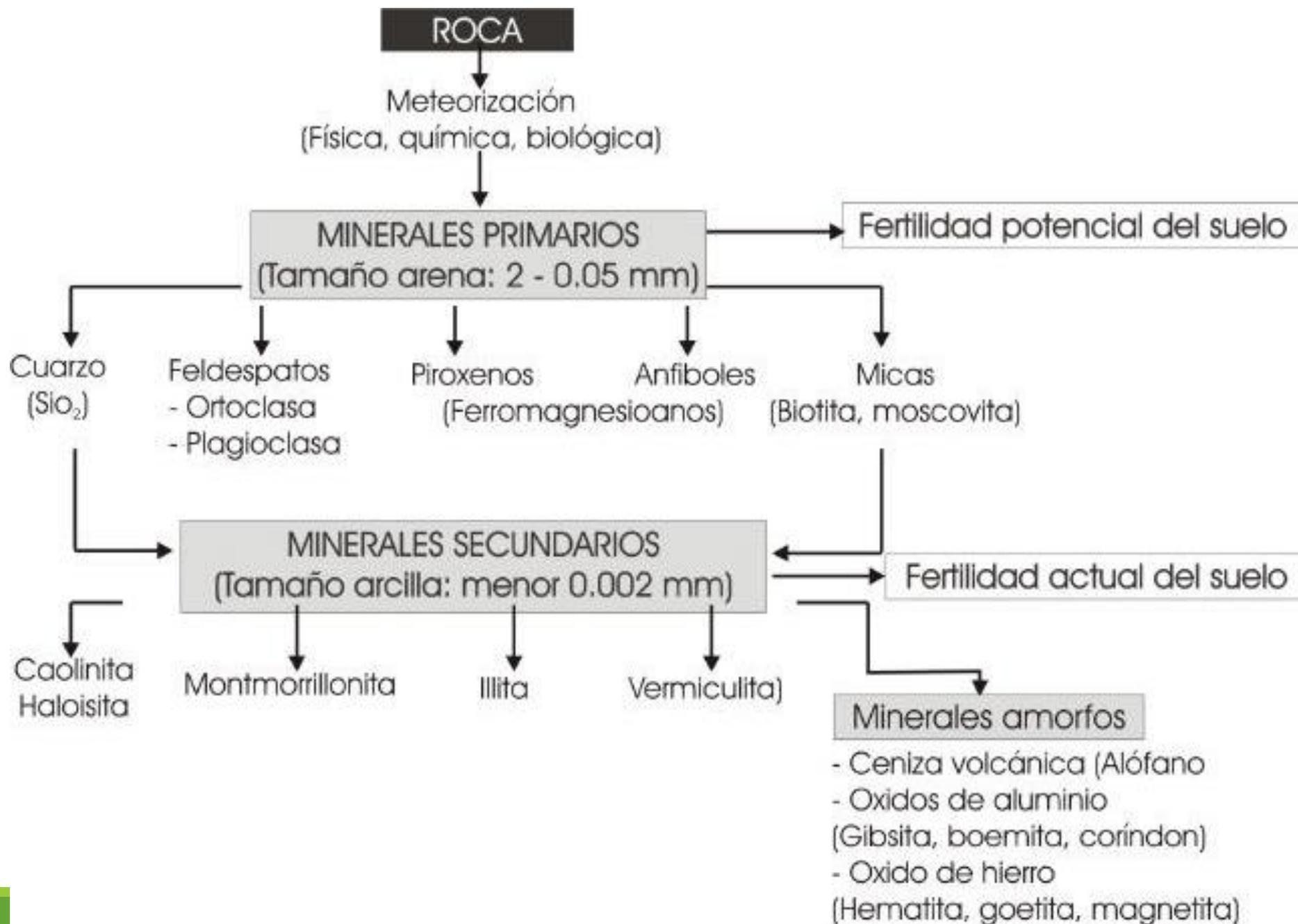
Arcillas

1:1 ----> Caolinita, Halloisita.

2:1 ----> Ilita, Vermiculita, Montmorrillonita.

2:1:1 ----> Cloritas.

Amorfos ----> Alofanos, Óxidos y Sesquióxidos



Estructuras atómicas básicas de arcillas

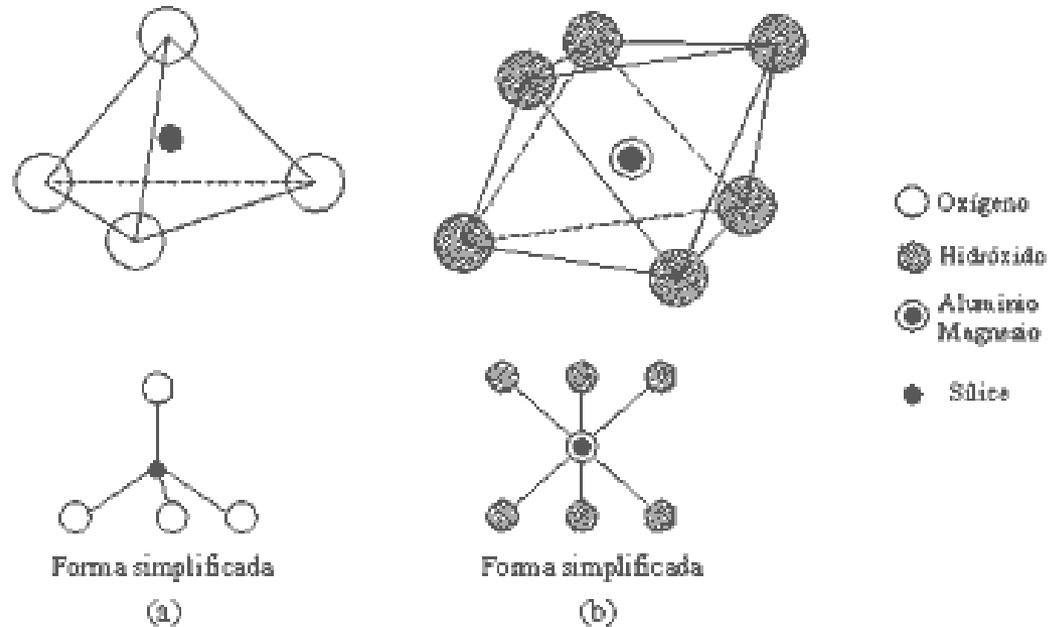
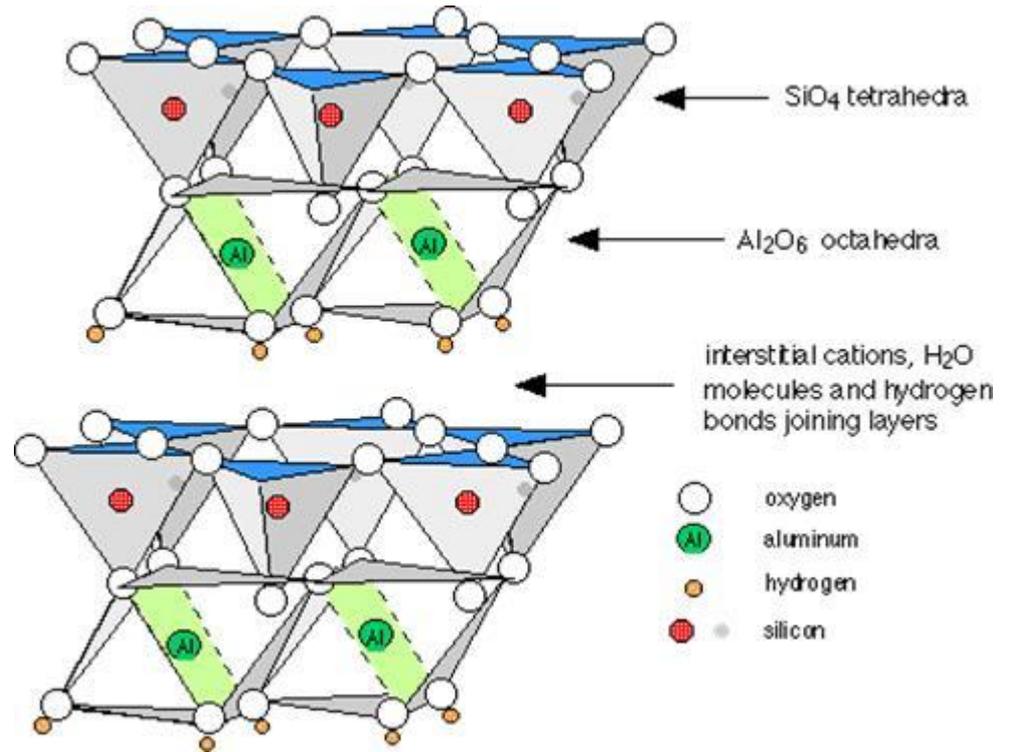
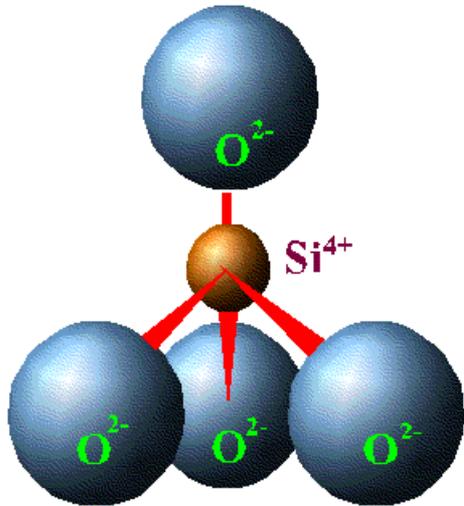
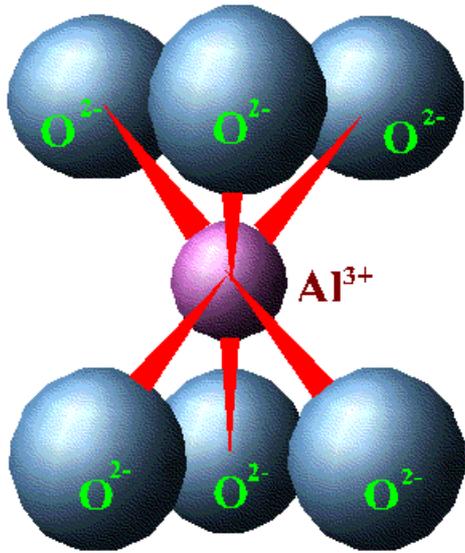


Figura 1.3. Estructuras atómicas básicas de los minerales de arcilla (Whitlow, 1994).
(a) Unidad tetraédrica. (b) Unidad octaédrica.

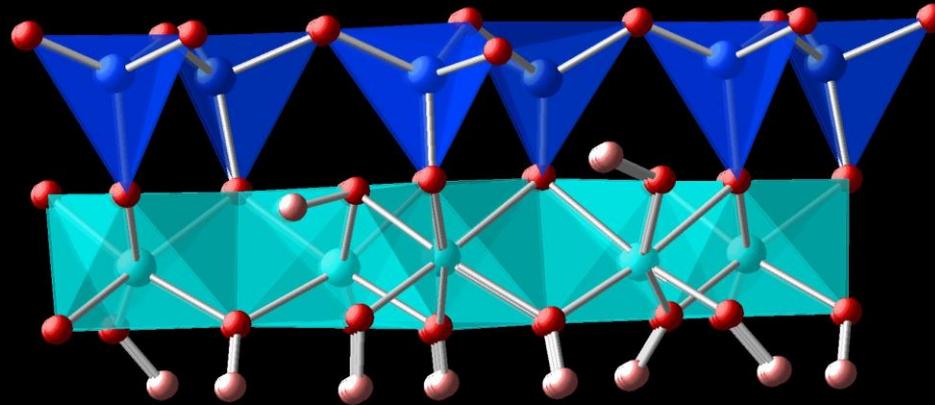


Filosilicatos o silicatos laminares

Lámina de tetraedros



Lámina de octaedros

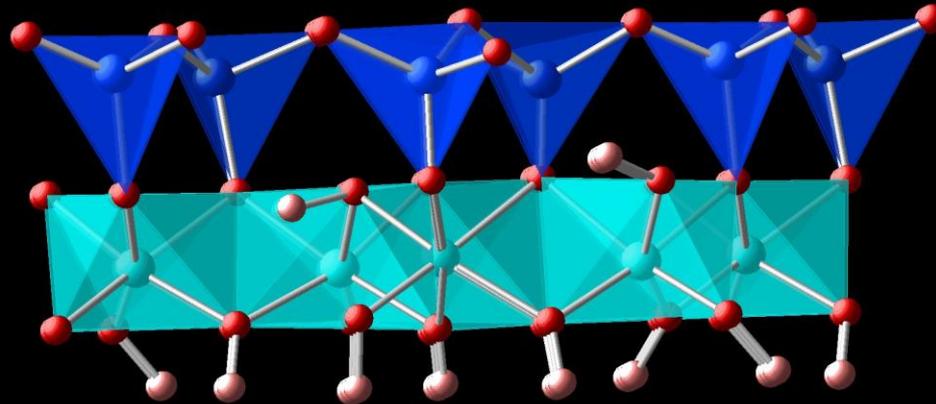


Si

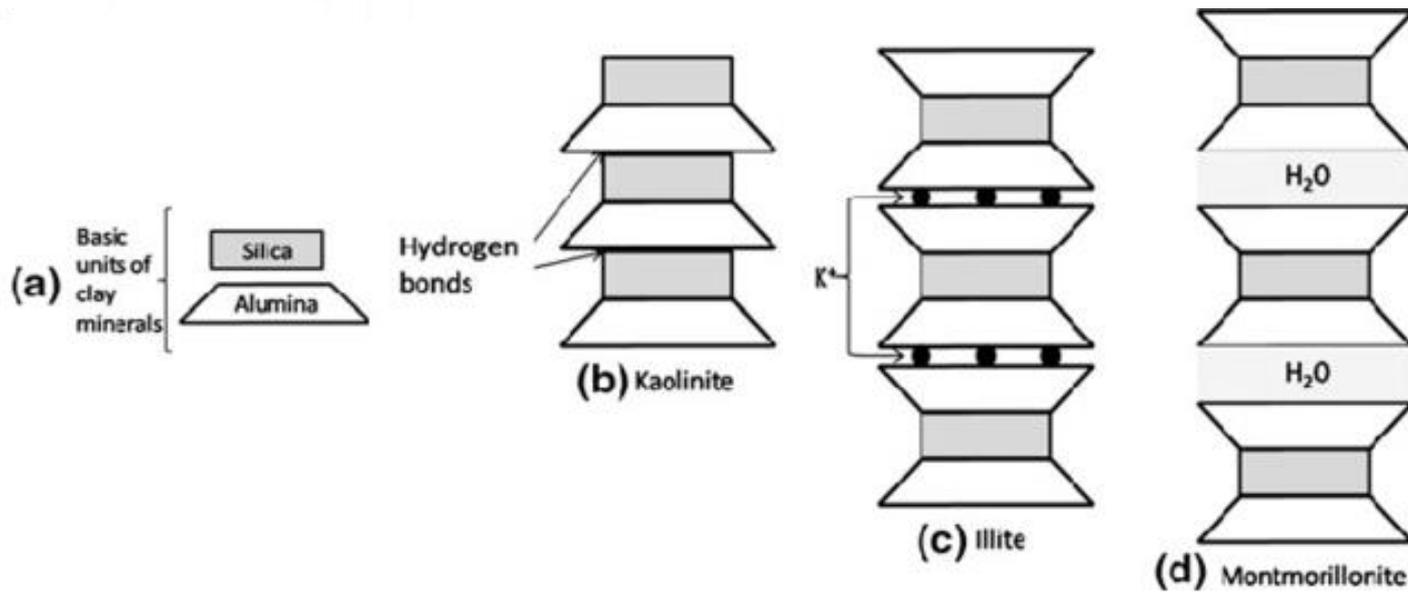
O, OH

Al

OH



Arcillas



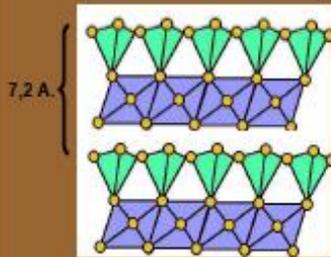
Arcillas

TO

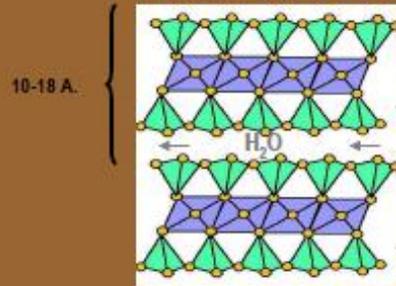
TOT



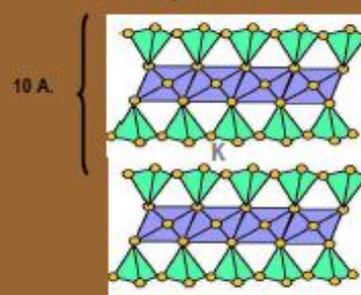
Arcillas bilaminares 1:1



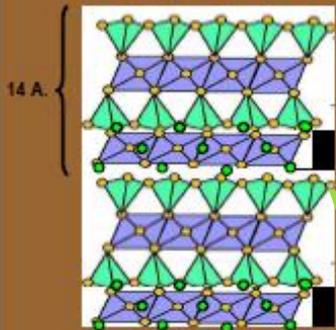
Arcillas trilaminares expandible 2:1



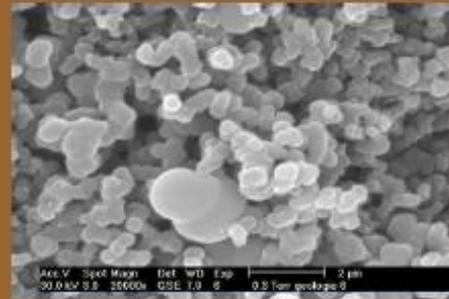
Arcillas trilaminares no expandible 2:1



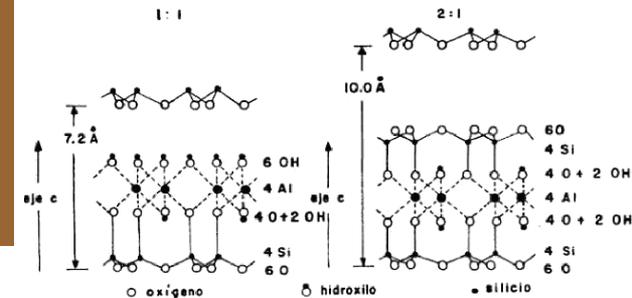
Arcillas tetralaminares no expandible 2: 1: 1



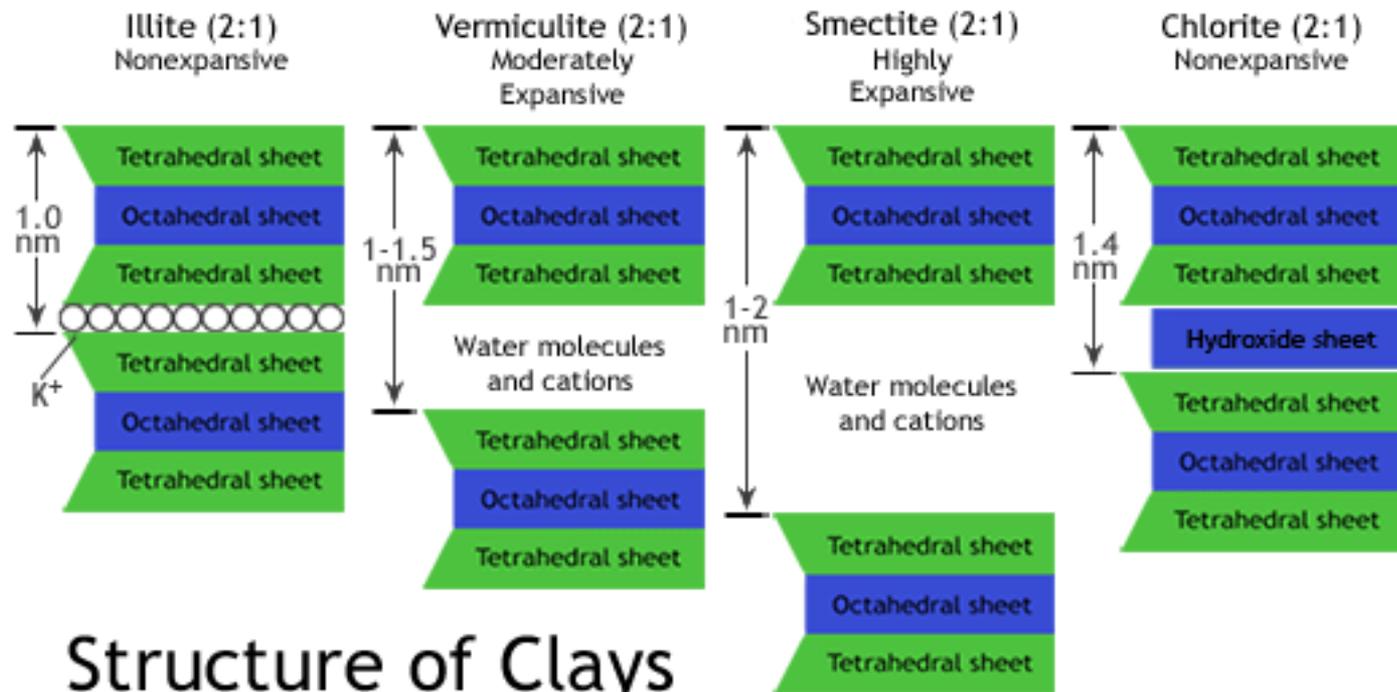
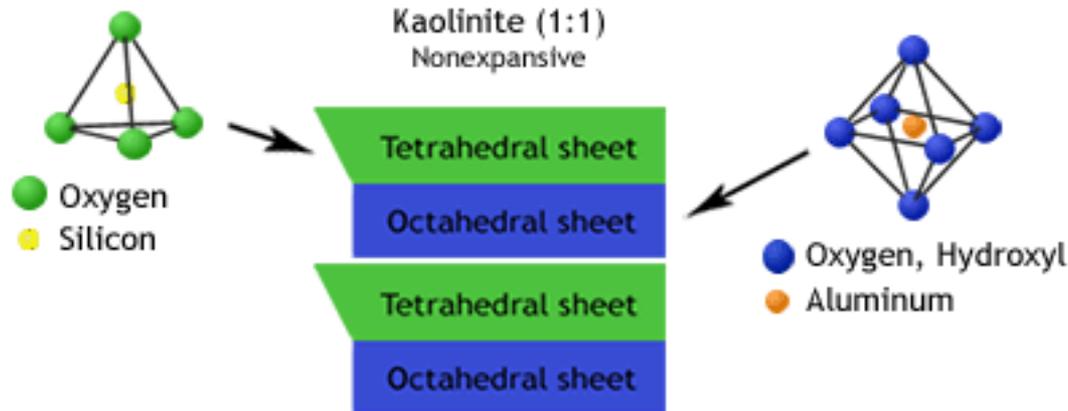
Alofanos. No tienen estructura laminar o cristalina



TOTO



Representación esquemática de celdas unitarias de minerales de arcilla tipo 1:1 y 2:1.

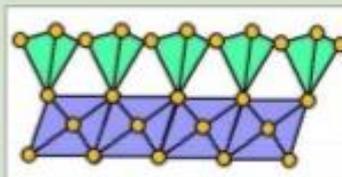
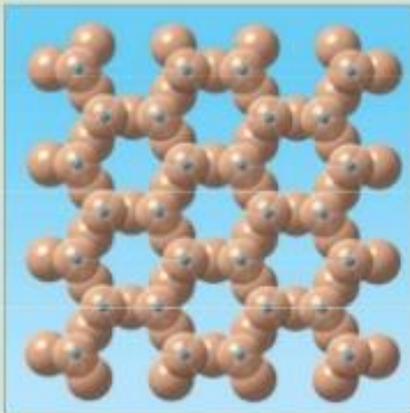


Structure of Clays

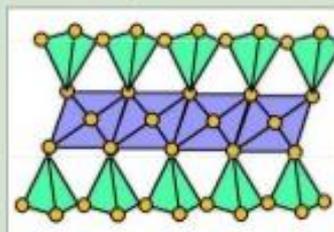
Created by Josh Lory for www.soilsurvey.org

MINERALOGÍA SISTEMÁTICA

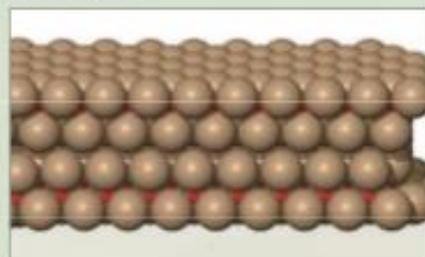
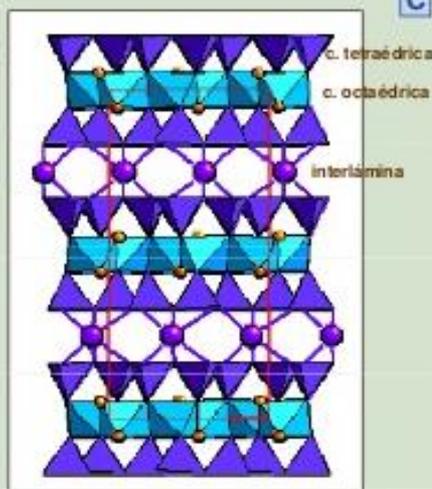
FILOSILICATOS



tipo 1:1

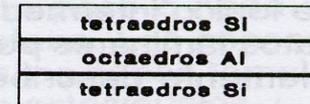


tipo 2:1

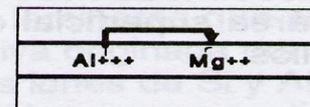


- Estructura laminar
- Capa tetraédrica: $(\text{Si}_4\text{O}_{10})$. Sustitución Si-Al.
- Capa octaédrica: normalmente Al y Mg
- Interlámina: cationes grandes K, Na, Ca
- Exfoliación perfecta. Dureza baja

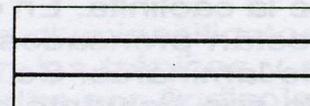
MONTMORILLONITA



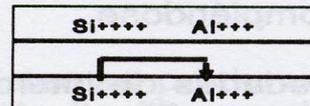
CACIONES



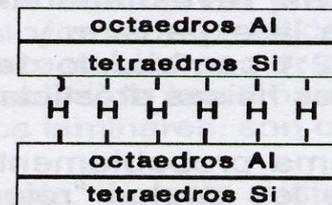
VERMICULITA



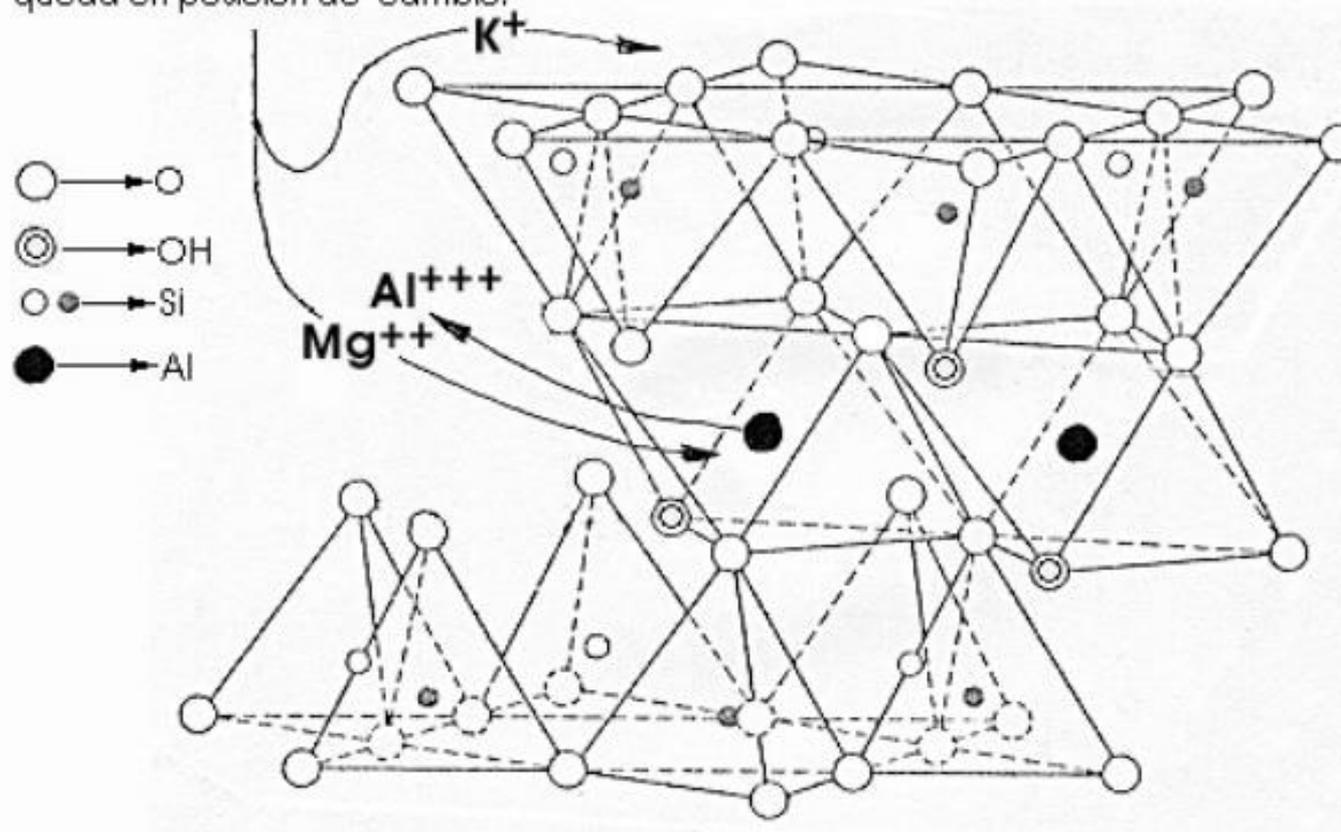
CACIONES



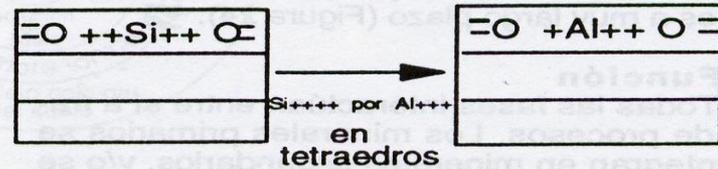
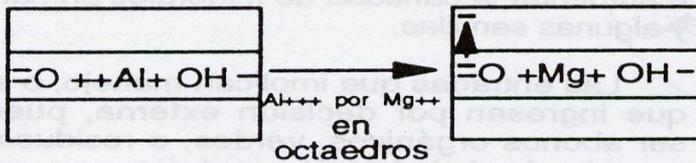
CAOLINITA



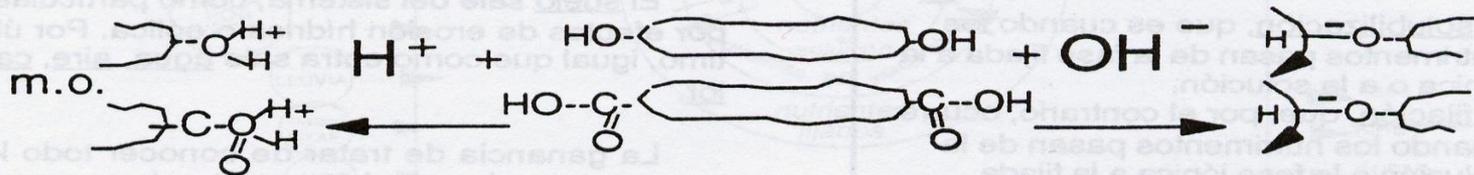
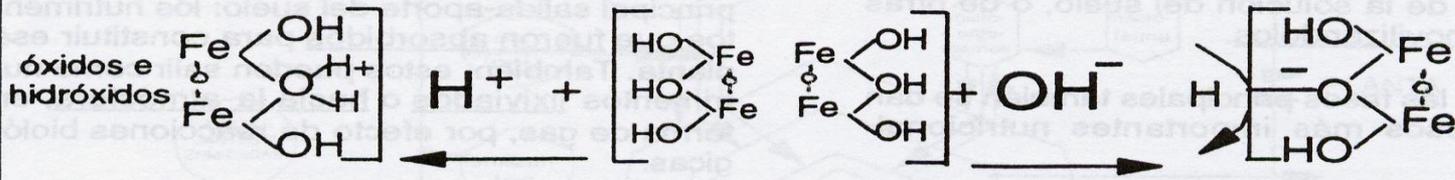
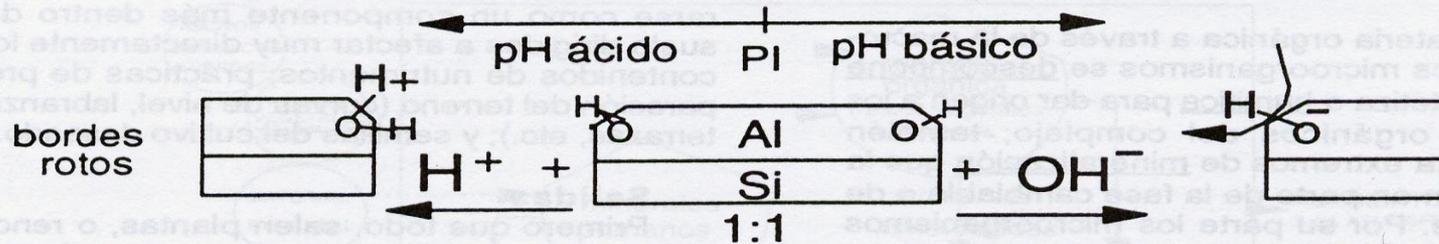
El aluminio dioctaédrico abandona la estructura del mineral y al ser sustituido por un magnesio se crea un déficit de carga que atrae a un catión monovalente que queda en posición de cambio.



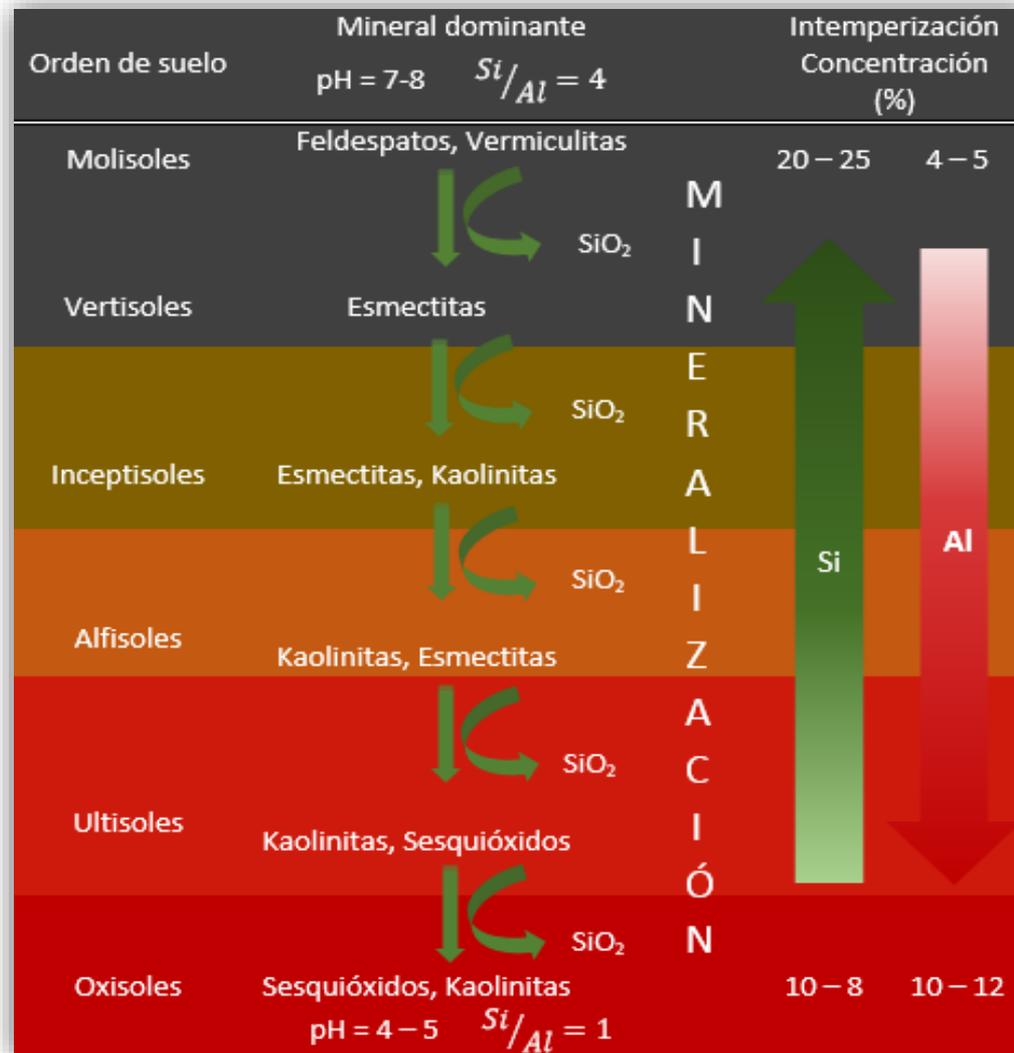
SUSTITUCION ISOMORFICA (carga permanente)



IONIZACION OH TERMINALES (carga variable)



Secuencia de meteorización



Fuente: adaptado de Quero (2005).



Características de las Arcillas

Montmorillonita

Montmorillonita

- ✓ Grupo de las esmectitas:
beidelita, nontronita, saponita hectorita y atapulgita.
- ✓ Nombre de Montmorillon, Francia.
- ✓ Arcilla rica en Si.
- ✓ Arcilla 2:1 (octaedro de Al entre 2 tetraedros de Si).

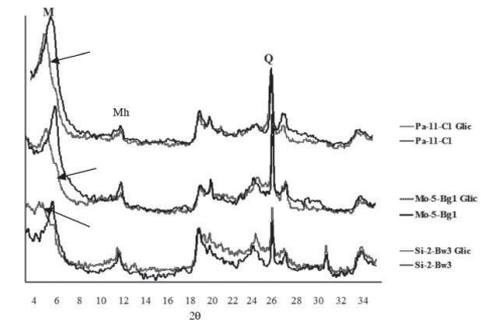


Fig. 5. Difractogramas de muestras en preparado textural simple y glicoladas (gl) de 3 suelos bananeros en los que se identifican montmorillonitas con grados variables de cristalinidad y otros minerales. Mh=metahaloista, M=Montmorillonita, Q=Cuarzo.

Montmorillonita

- ✓ Láminas de Si seguidas no forman enlaces:
 - Partículas pequeñas individuales.
 - Hidratación abundante y reversible.
 - Alta cohesión, plasticidad y pegajosidad.
 - Condiciones difíciles de manejo.
 - Grietas en seco, impermeables en húmedo.



Montmorillonita

- Suelos muy pesados.
- Dificulta mecanización, depende del contenido de agua.
- Ruptura de raíces al agrietarse.
- Condiciones de reducción en estación lluviosa.
- Suelos son inestables para obras de ingeniería.



Montmorillonita

- Cercas, muros y paredes se inclinan, pisos se levantan.
- *Inclinación Torre de Piza, hundimiento edificios México.*
- Superficie específica interna y externa muy grande.
 - 15 a 20 veces mayor que 1:1.
 - Alta susceptibilidad absorber agua y nutrientes.
 - Alta CIC: 80-120 cmol(+) L⁻¹.



Montmorillonita

Alta retención de bases y fertilizantes.

- Alta capacidad de reserva.

Retienen cualquier cosa: M.O., plaguicidas (herbicidas).

- Inactivación inicial alta.
- Persistencia y efecto residual también.

Carga superficial permanente (Mg/Al en octaedros).

- Llega indirecta, difusa, menos “fuerte”.
- 20% carga por bordes rotos.



Montmorillonita

Ocurren en suelos bien desarrollados con alta humedad, deficiente drenaje y ricos en Mg y Si.

Vertisoles, Guanacaste. Santa Ana, en Lindora y Pozos



Vermiculita

Vermiculita

- Arcilla 2:1
- Se hidrata por dos capas de agua:
 - no es tan pegajosa ni plástica.
 - no presenta problemas de manejo (es expandible).
- Superficie específica externa e interna similar a montmorillonita.

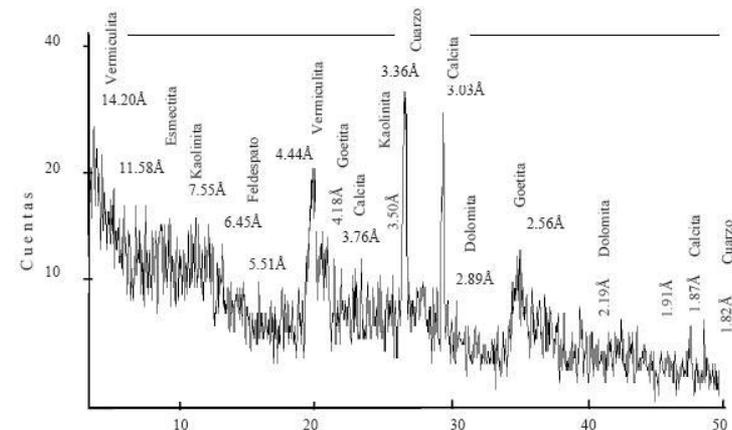


Figura 1. Composición mineralógica, donde se observan los valores de los diferentes minerales presentes en el suelo del perfil uno de la zona de estudio de San Fernando, Tamaulipas, México.

Vermiculita

Carga en los tetraedros: Al/Si.

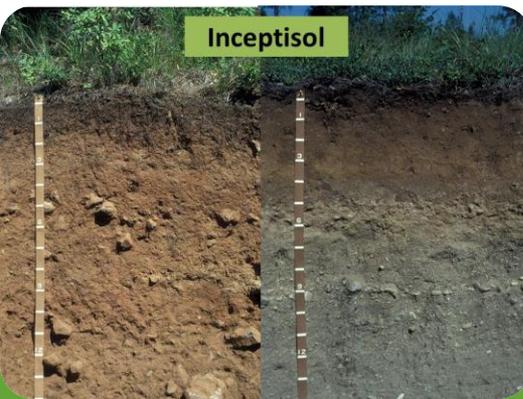
- Carga es más directa, más “fuerte”, más densa.
- Más potencialidad nutricional.
- Más CIC: 100 – 150 cmol(+) L⁻¹.
- Mayor intercambio de iones.
- Mayor retención de herbicidas, M.O. y formar complejos.

- Poca cantidad en suelo repercute en fertilidad.
- Fija K y NH₄.
- Si fija mucho K, se convierte en Ilita.





- Arcilla 2:1.
- fija K entre sus capas.
 - Se restringe capacidad de expansión.
 - Aumenta el tamaño de las partículas.
 - Desaparecen superficies internas entre láminas.
 - CIC: 20 – 50 cmol(+) L⁻¹.
 - Reduce potencial nutricional.
- Carga por sustitución isomórfica, permanente.
- Poco común como material principal.
- Vertisoles, Alfisoles, Inceptisoles, Entisoles.



Integrados o capas interestratificadas

Estados intermedios de cualquier arcilla.

- Mezclas de 2, 3, 4 y más arcillas.
- Micas revueltas con montmorillonitas, vermiculitas, cloritas o alofanas.

Mucha sustitución isomórfica, pero depende del material.

Menos comunes en los trópicos: C.R. = Valle Central.

Caolinita

Nombre: colina Kauling en Jauchau, China.

Arcilla 1:1 (otras son haloisita, dickita, nacrita).

Arcilla más pobre en Si

Octaedros terminan en OH -> puente de H con tetraedros

Se adsorben al final de OH óxidos hidratados



Caolinita



Se forman pseudoarenas:

- Gran estabilidad y permeabilidad.
- Arcillas que no se expanden: baja plasticidad.
- Superficie específica y CIC, en parte externa:
 - Bajas potencialidades nutricionales.
 - Baja superficie específica: 7 a 30 m²/g.
 - Baja CIC: 3 a 15 cmol(+) L⁻¹.

Caolinita

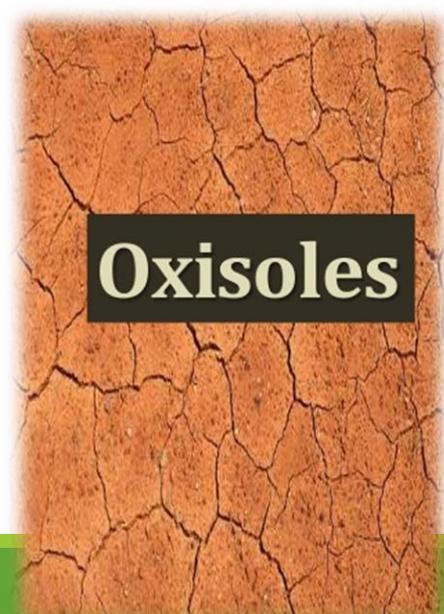
- No sufre sustitución isomórfica
- Carga en superficie y bordes rotos: ionización de OH
- Carga depende del pH: 75% variable y 25% permanente
- Suelos meteorizados, viejos:
 - Oxisoles es la única que se acepta (excepto óxidos).
 - Ultisoles la más importante.
 - Alfisoles es uno de los componentes.



Sesquióxidos = R_2O_3

Óxidos e hidróxidos de Fe y Al (suelos viejos).

- Son amorfos e hidratados primero.
- Luego cristalizan (temperatura, redox).
- Al: gibsitita y bohemita
- Fe: goetita y hematita



Oxisoles

Sesquióxidos – R_2O_3

- pH ácidos con caolinita forman pseudoarenas.
 - Buena infiltración y permeabilidad.
 - Baja plasticidad.
 - Fácil laboreo.
 - “texturas” gruesas.
 - Baja potencialidad nutricional.



Sesquióxidos

Carga exclusiva por ionización de OH:

- En medio ácido carga es positiva (CIA).
- Fijación de fosfatos, sulfatos, boratos.

En Costa Rica en Ultisoles:

- Pacífico Sur.
- De San Isidro del General hacia frontera con Panamá.
- Zona Norte.
- Vertiente del Caribe.



Alofana

- ✓ Gel aluminosilicatado hidratado y amorfo
- ✓ 3 tipos de alofana:
 - Alofana B: rica en Si
 - Alofana A: mas común (proporción similar Si y Al)
 - Alofana C: rica en Al (suelos viejos)



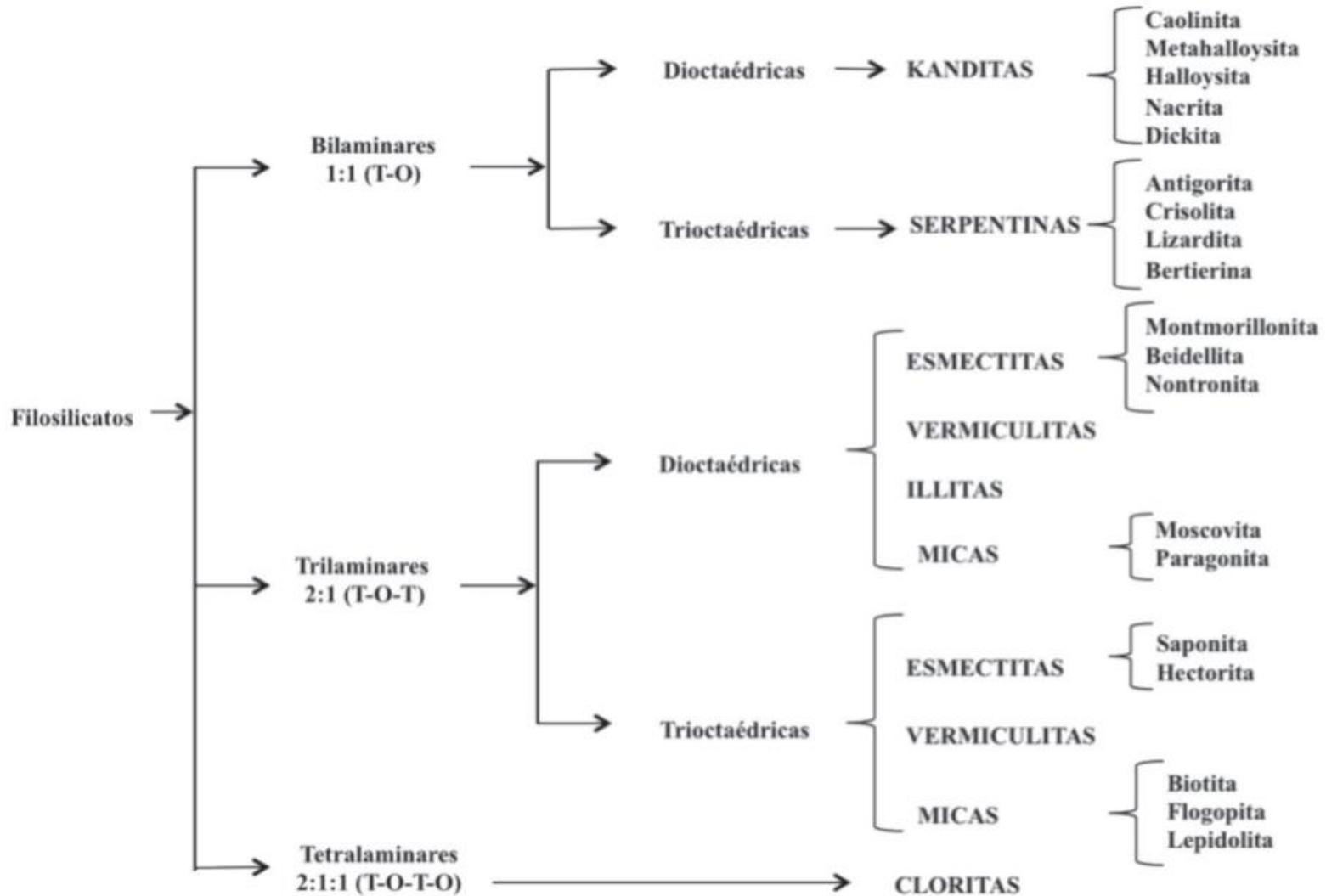
Alofana

- ✓ 50% de la carga ocurre en tetraedro (Al/Si)
- ✓ 50% por ionización de OH^- terminales
- ✓ Gran afinidad al agua: más de su peso en agua: si seca cristaliza irreversiblemente.
- ✓ Iónica, coloidal, paracristalina y cristalina

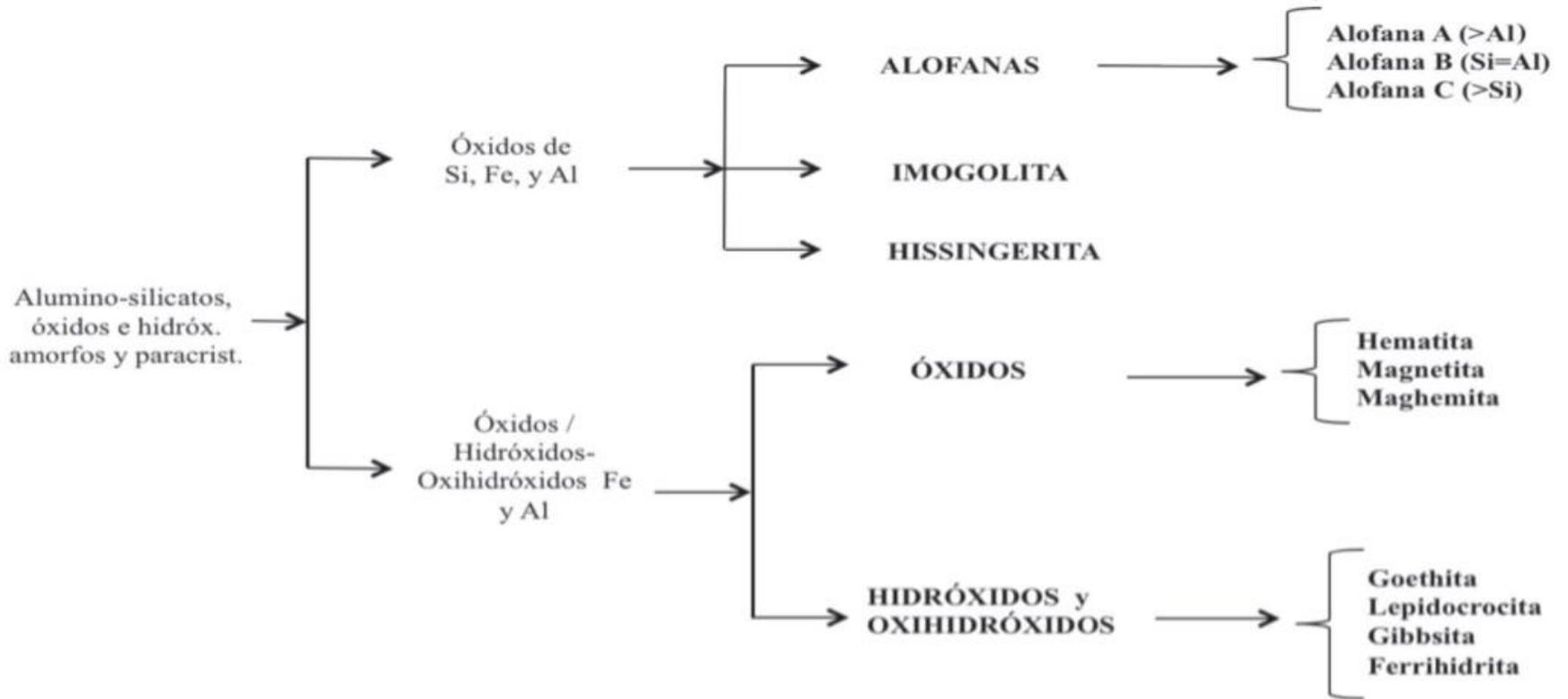


Umbric andosol (FAO) / eutric pachic fulvudand (ST)
profile at 3200 m asl.

Grupos de Arcillas



Grupos de Arcillas amorfos



	Montmorillonita	Vermiculita	Ilita	Caolinita	R2O3	Alofana
Estructura (# capas)	2:1	2:1	2:1	1:1		amorfa
Tamaño de partículas	muy pequeño	pequeño	pequeño	grande pseudoarenas	grande	grande
Origen de la carga	sustitución Mg/Al en octa	sustitución Al/Si en tetra	sustitución Al/Si en tetra	ionización OH bordes rotos	ionización OH	ionización OH Al/Si en tetra
Superficie (m²/g)	600-800	600-750	50-100	30		450
Densidad de carga (cmol/cm²)	1.3x10 ⁻⁷	2.0x10 ⁻⁷	3.0x10 ⁻⁷	2.0x10 ⁻⁷		1.8x10 ⁻⁷
Situación entre láminas	sin puentes H Si-O-(H ₂ O)-O-Si	sin puentes H Si-O-O-Si	con K Si-O-K-O-Si	con puentes H Al-O-H-O-Si		
Superficie interna	muy alta (difusa)	muy alta (directa)	media (potasio)	ninguna		
Expandibilidad	muy alta	media	media	baja		
Cap Interc Cationes CIC (cmol(+)/L)	80-120	100-150	20-50	3-15	10-25	< 100
Cap Interc Aniones CIA (cmol(+)/L)	1	0	3	2	5	17
Suelos en que se presenta	maduros mal drenados	recientes maduros	maduros	viejos	viejos	volcánicos
Ordenes	VERTISOLES ALFISOLES INCEPTISOLES	VERTISOLES ALFISOLES INCEPTISOLES ENTISOLES	VERTISOLES ALFISOLES INCEPTISOLES	ULTISOLES ALFISOLES OXISOLES	ULTISOLES ALFISOLES OXISOLES	ANDISOLES
Propiedades físicas	muy malas -se agrietan en seco -impermeables en húmedo	buenas	buenas	excelentes buen drenaje	excelentes buen drenaje	muy buenas buen drenaje retienen humedad
Propiedades relacionadas con fertilidad	-alta CIC -ricos en bases -retienen muchos nutrimentos -forman complejos organominerales -inactivan pesticidas	-más alta CIC -poca cantidad influye mucho -retienen mucho -fijan K y NH ₄ -acomplejan MO -inactivan pesticidas	-fijan K -suplen K -CIC media -retienen intermedio	-se lavan mucho -muy baja CIC -retienen poco	-se lavan mucho -muy baja CIC -retienen poco	-fijan P y otros aniones -ricos en MO y N -forman organominerales -inactivan pesticidas



Listo por acá..

¡Que rico un café!