

El Suelo como cuerpo natural. Factores Formadores de Suelo. Material Parental, su participación en la génesis y propiedades del suelo



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA



Prof. Dr. Deyanira Lobo Luján
lobolujan66@gmail.com



PROGRAMA
RESILIENCIA
CLIMÁTICA
BOSQUES CAFETALEROS



SUELO

es un cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurre en la superficie de la tierra, ocupa un espacio y se caracteriza o porque tiene horizontes o capas que se diferencian del material inicial como resultado de la acción de los factores formadores y de las adiciones, pérdidas, traslocaciones y transformaciones de energía y materia o porque es capaz de soportar plantas arraigadas en un ambiente natural



- El suelo para un **agricultor** sería el sitio para ubicar sus semillas y producir sus cosechas.
- Para un **pedólogo** o un **agrólogo** considera el suelo como un cuerpo natural cuyas propiedades interesan para establecer su origen y su clasificación.
- Para un **agrónomo** o un **edafólogo** es el soporte para las plantas, orientado a obtener la mayor productividad.
- Para un **geólogo** podría ser el recubrimiento terroso que hay sobre un cuerpo rocoso.
- Para un **constructor**, el suelo es el sitio sobre el cual colocará sus estructuras o el sustrato que le suministrará algunos de los materiales que requiere para hacerlas.
- Para un **ecólogo** es uno de los componentes del ecosistema que estudia.
- Para un **químico**, es el ambiente donde se producen reacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa.
- Para un **antropólogo** o un **arqueólogo** podrán ver el suelo como un tipo de registro del pasado.



Buol et al (1973); Malagón et al (1995); Porta et al (1999); FAO (2015)



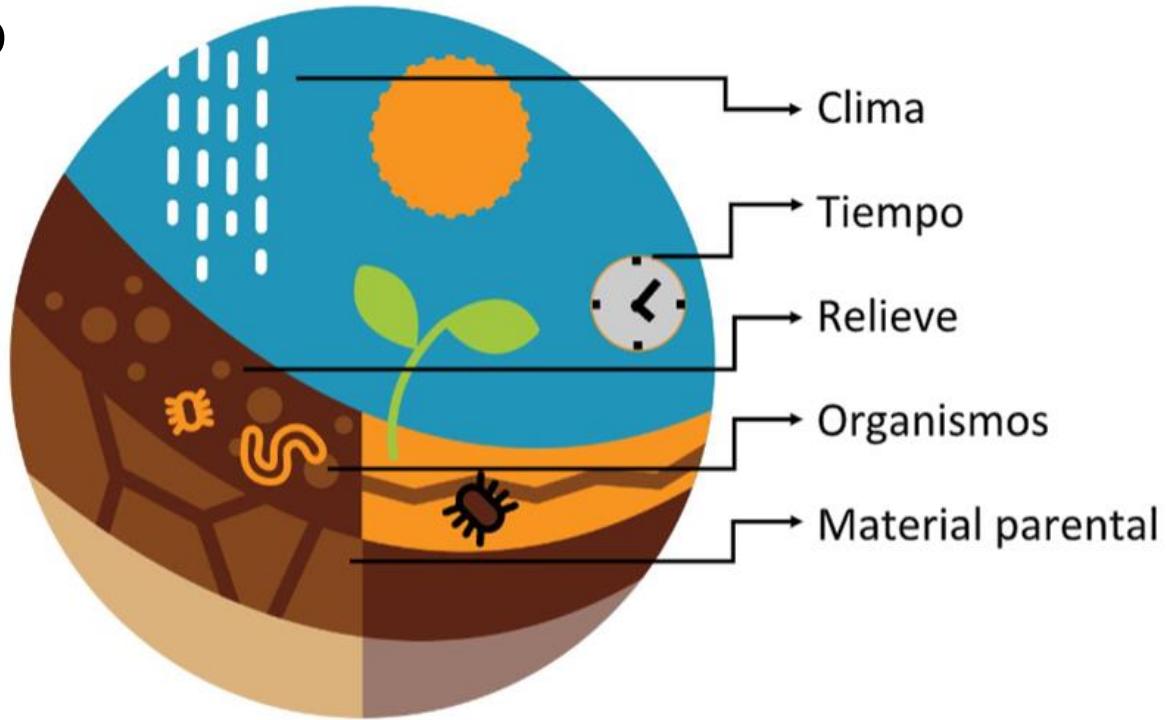
Tierra está definida como 'un área de la superficie terrestre... ... incluyendo todas los atributos estables o cíclicos dentro, encima y debajo de esta área... ...Incluye la atmósfera, el suelo y la geología, la hidrología, plantas y población de animales,y los resultados de la *actividad humana en el pasado y presente, hasta el punto que, estos atributos ejercen una influencia sobre los presentes y futuros usos de la tierra por los humanos*

El suelo es un elemento de la tierra

Factores formadores de suelo

Son agentes, fuerzas que actuando solos o combinados afectan, han afectado o pueden afectar al sustrato geológico, con la potencialidad para cambiarlo.

Ellos establecen los límites y direcciones para el desarrollo del suelo



Factores formadores de suelo

$$S = f(MP, C, B, R, t)$$

Donde:

S: Desarrollo del suelo.

C: Clima.

MP: Material parental.

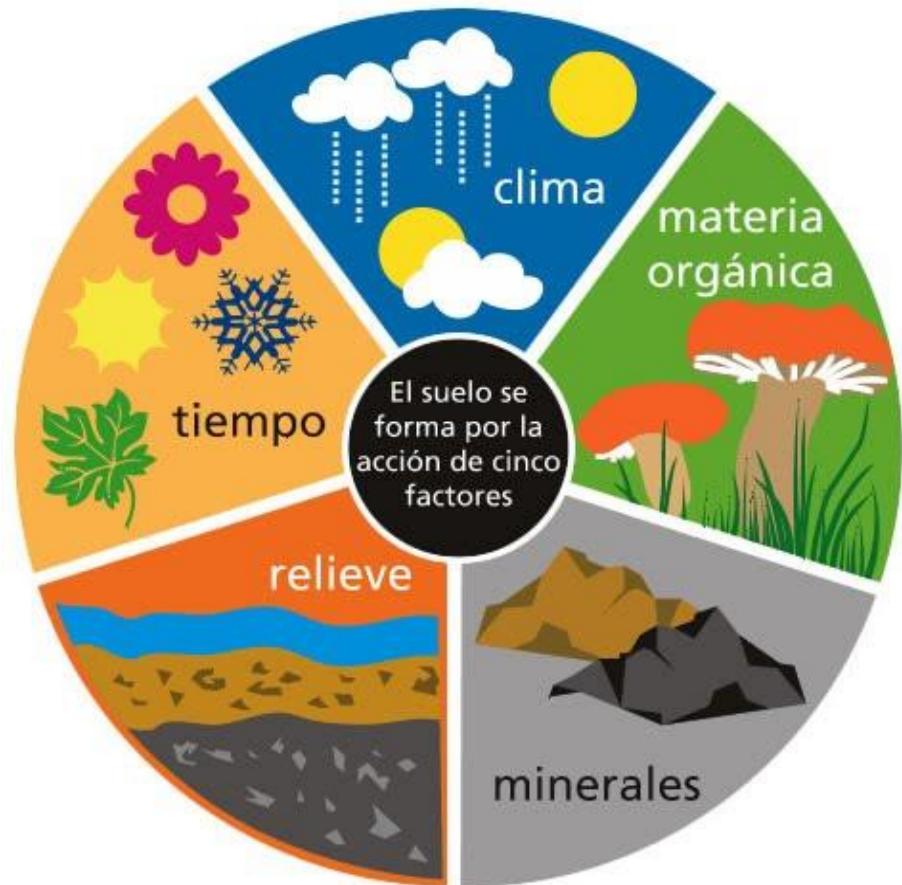
B: Biota.

R: Relieve.

t: Tiempo.

Jenny (1941)

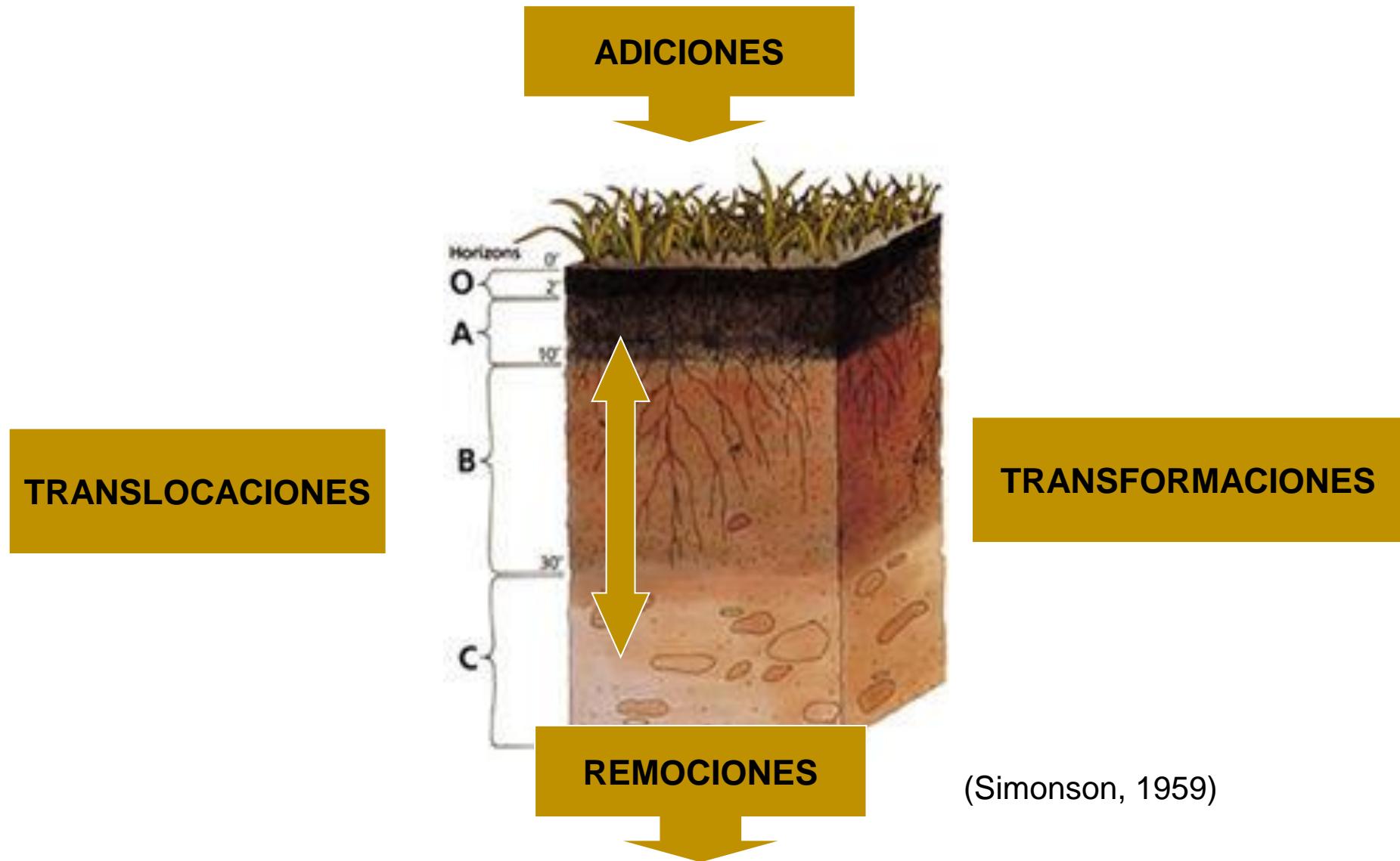
Factores condicionantes



Factores activos

Factor Pasivo

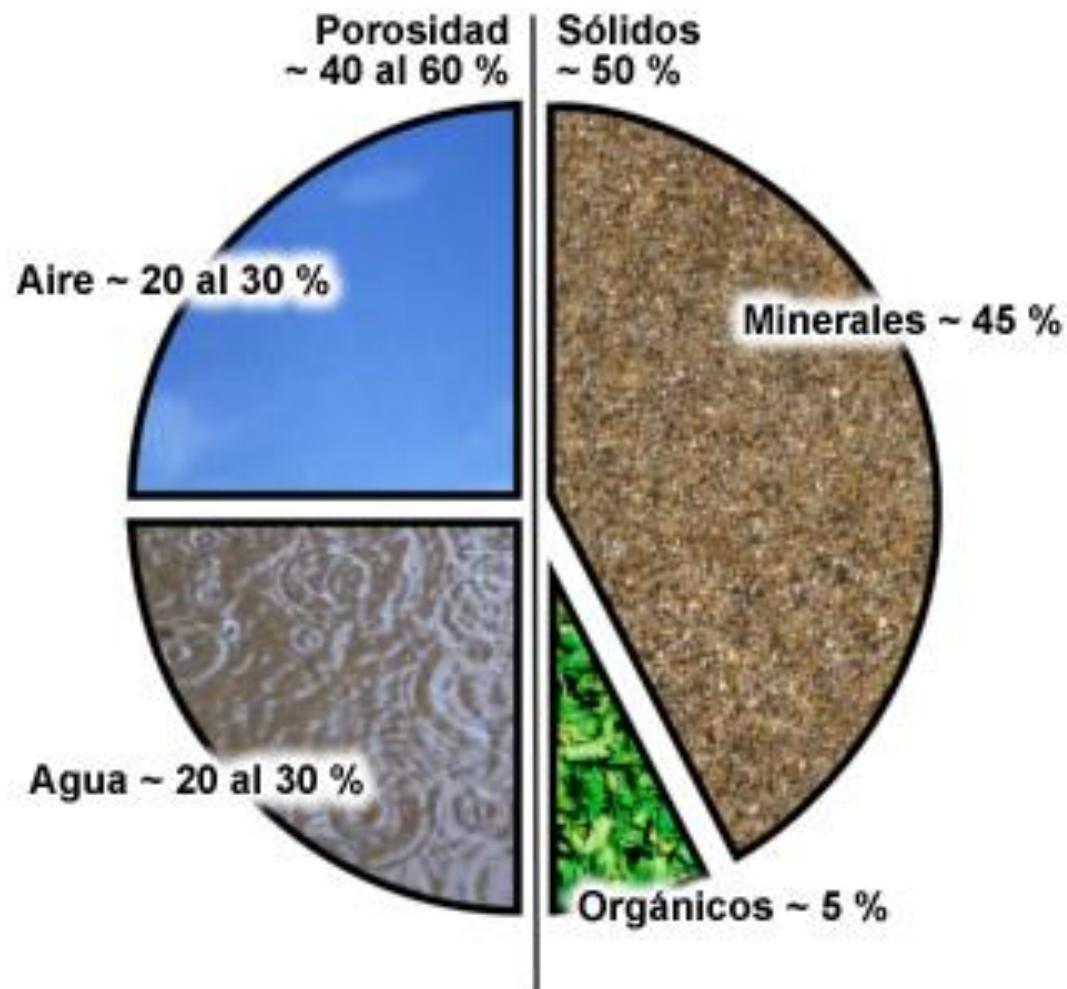
Procesos Formadores de suelo



El suelo como sistema de tres fases

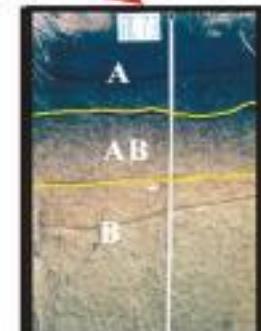
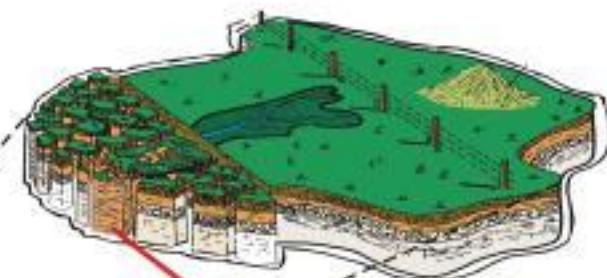
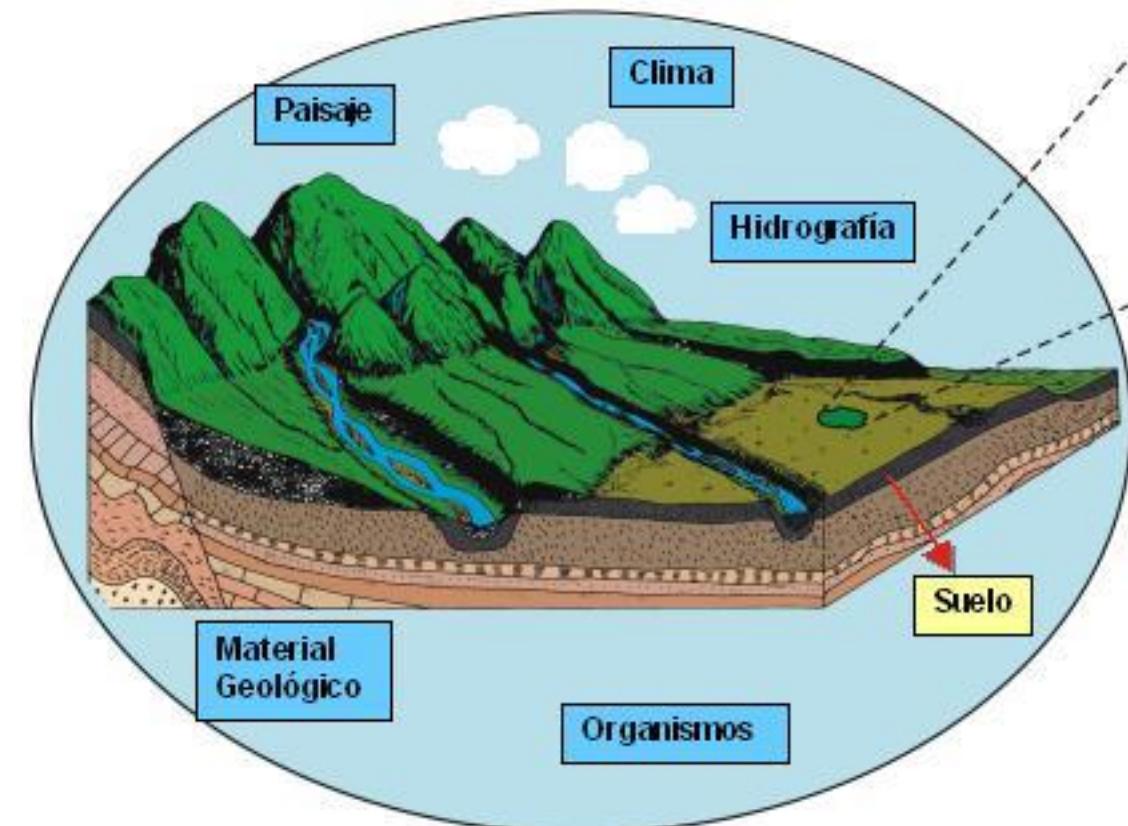
Cuerpo natural integrado por las fases sólida, líquida y gaseosa, presente en la superficie de la corteza terrestre y que se caracteriza por soportar vida o por la presencia de capas u horizontes resultantes de la adición, pérdida, transformación o translocación de materia o energía.
(Soil Survey Staff, 1998)

Componentes del suelo y promedios normales



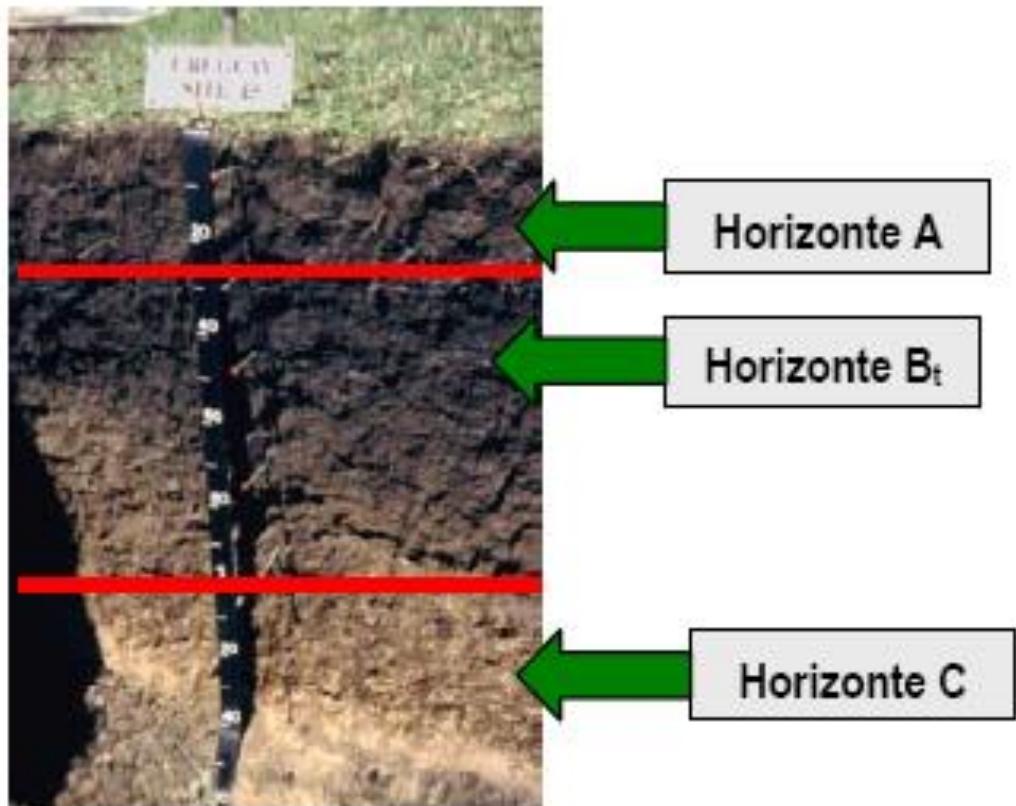
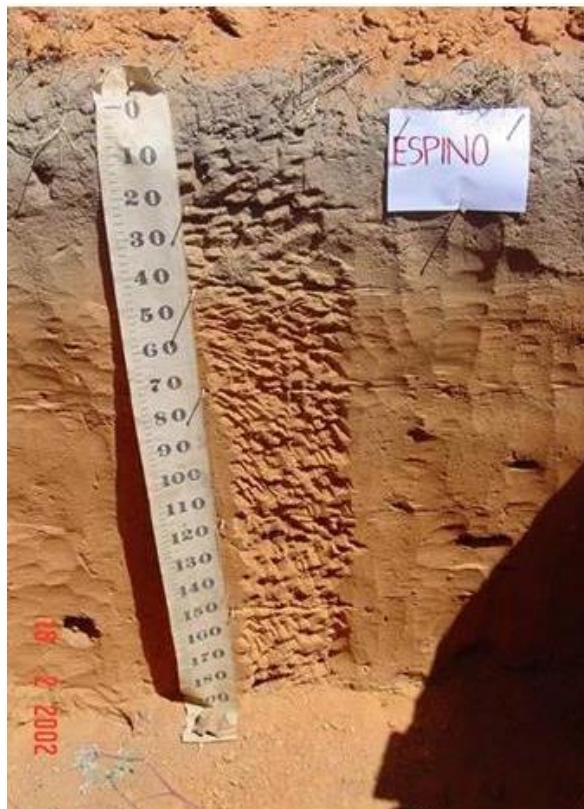
Relación Suelo - Tierra

TIERRA



SUELO

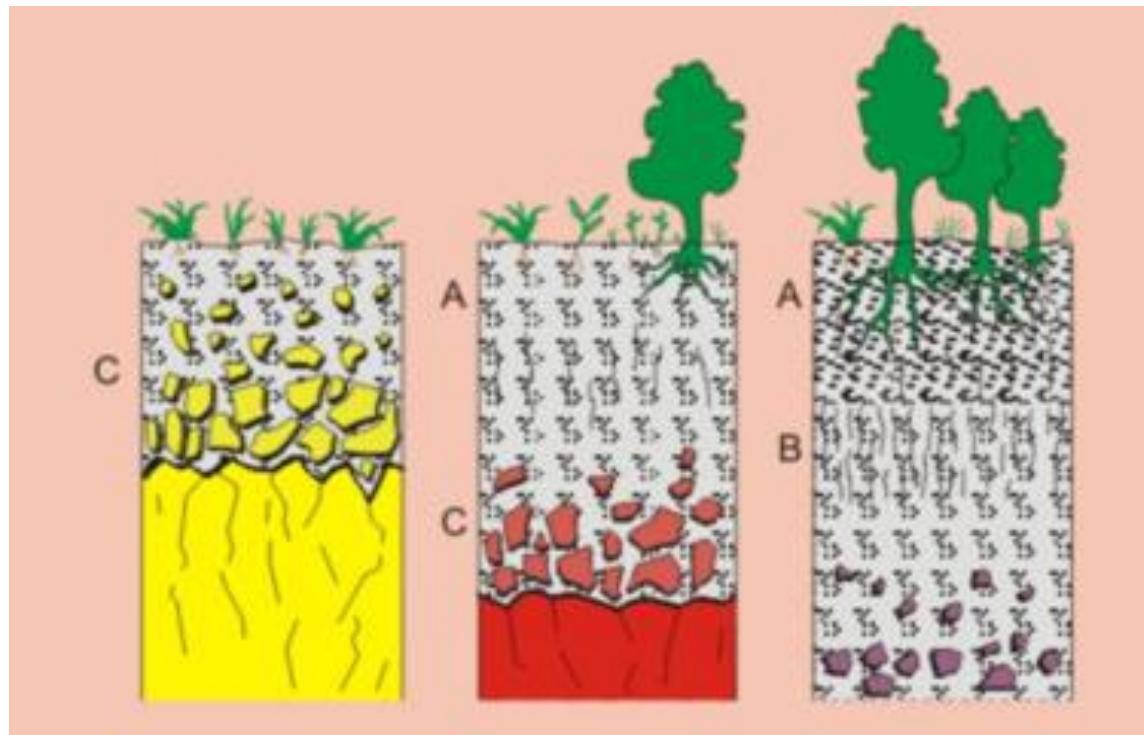
Perfil de suelo



Génesis de Suelos:

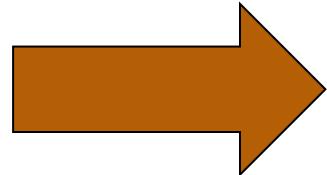
Estudio de la formación de los suelos de la superficie terrestre.

Parte de la ciencia del suelo que estudia los factores y procesos de formación de los suelos

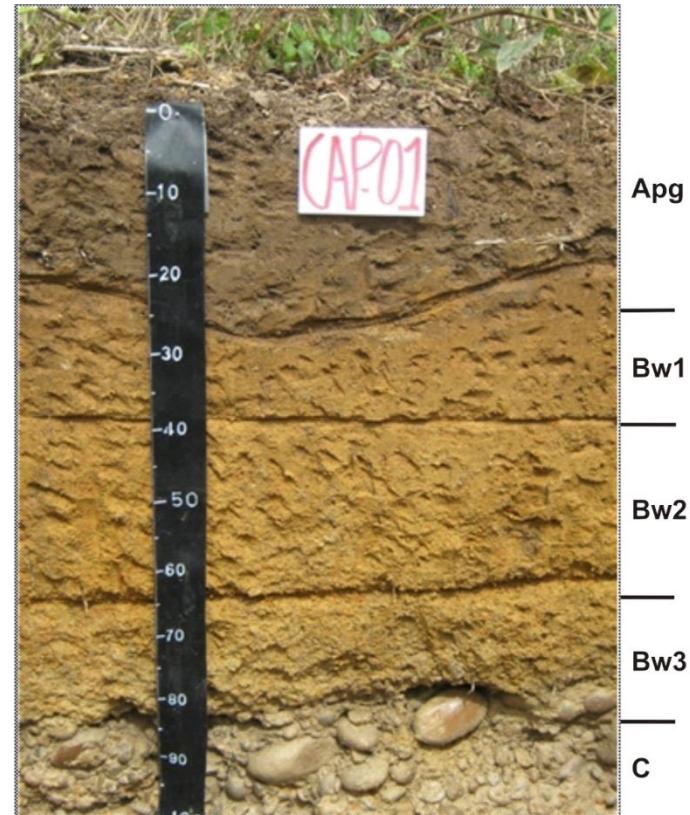


Formación de los suelos

Roca o
depósito
superficial



Factores y procesos de formación



Perfil del suelo

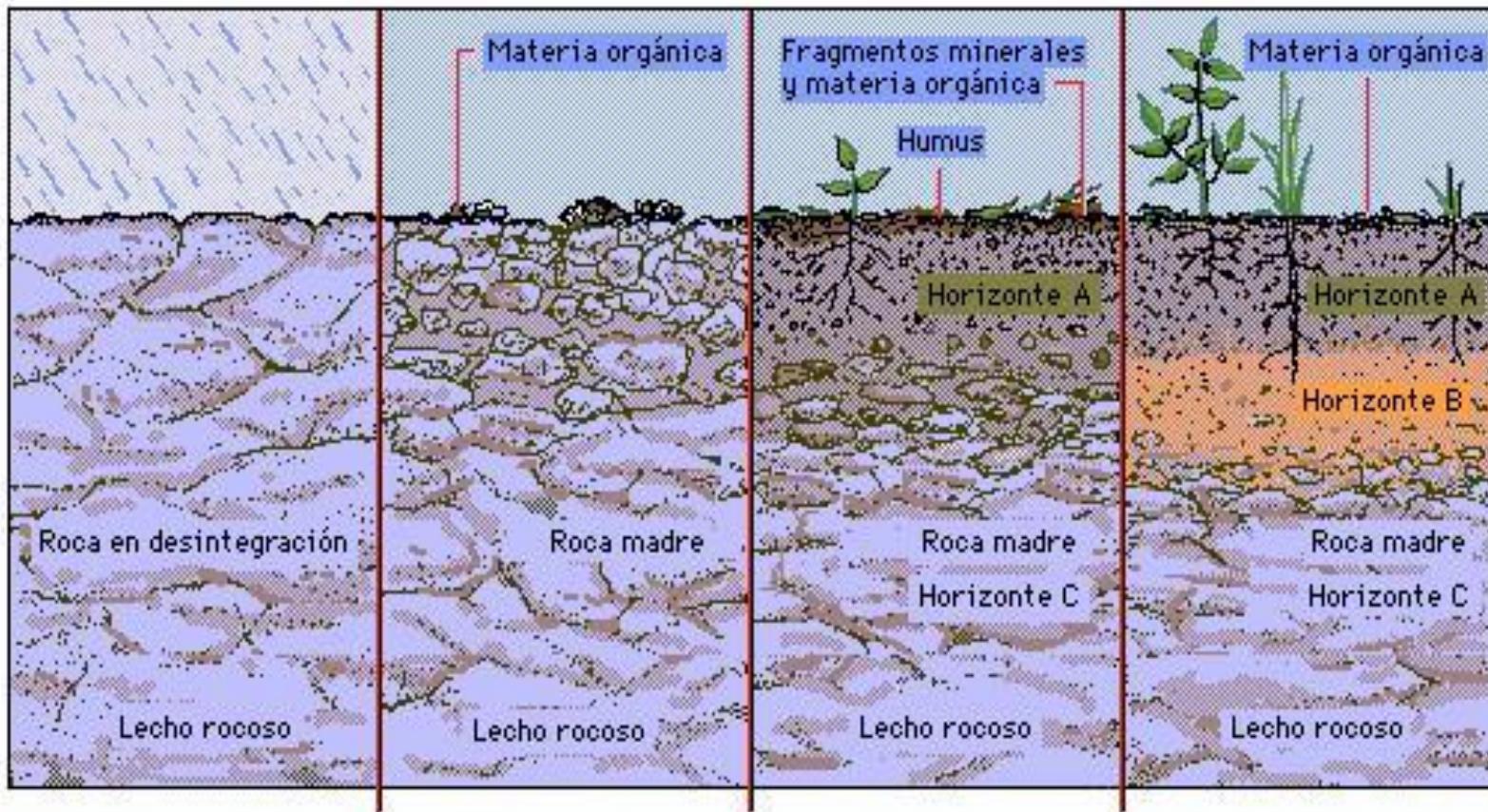
Material Parental

Material mineral u orgánico, no consolidado y más o menos intemperizado o meteorizado, a partir del cual el suelo se desarrolla por procesos pedogenéticos (hidrólisis, oxidación, etc.)

- Difiere tanto o más que la diversidad de rocas.
- Aporta la masa principal del suelo, composición mineralógica y nutrientes disponibles
- Determina la textura, estructura, retención de agua.



Formación del suelo

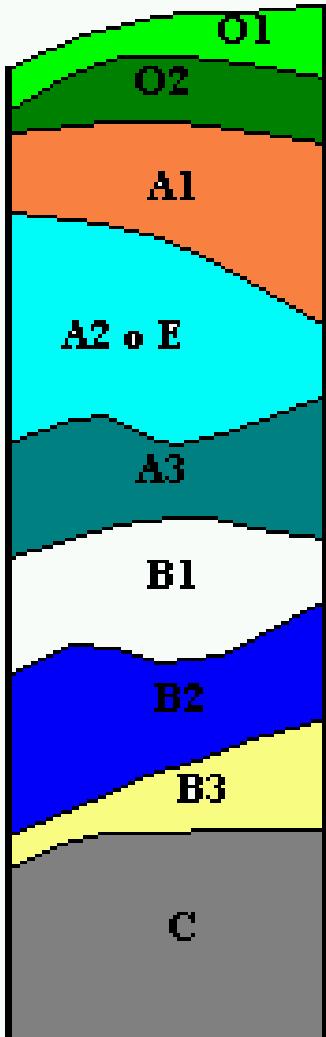


I
El lecho rocoso empieza a desintegrarse

II
La materia orgánica facilita la desintegración

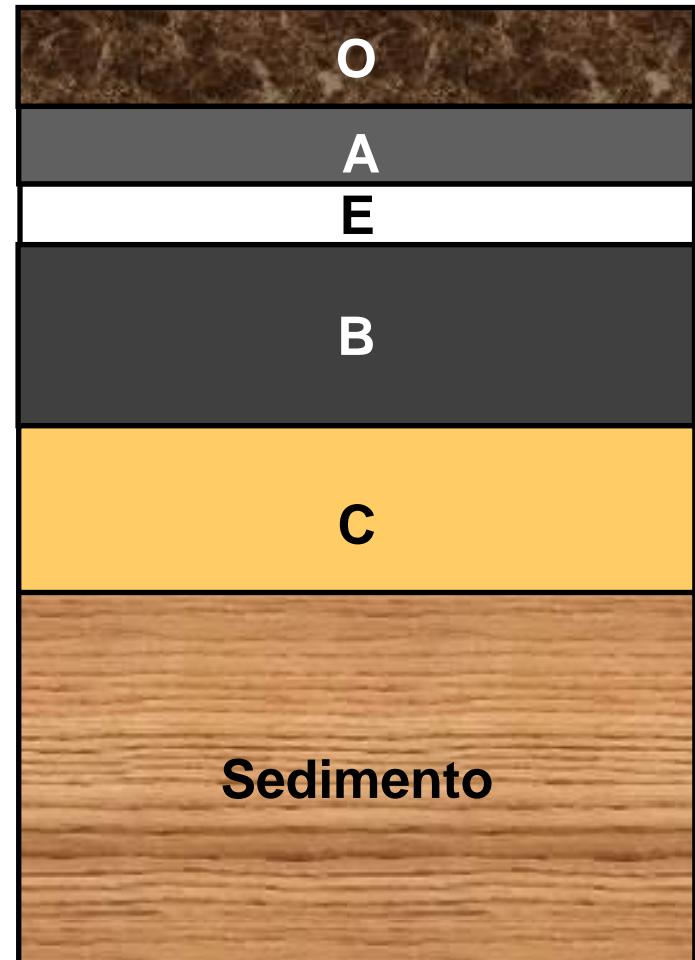
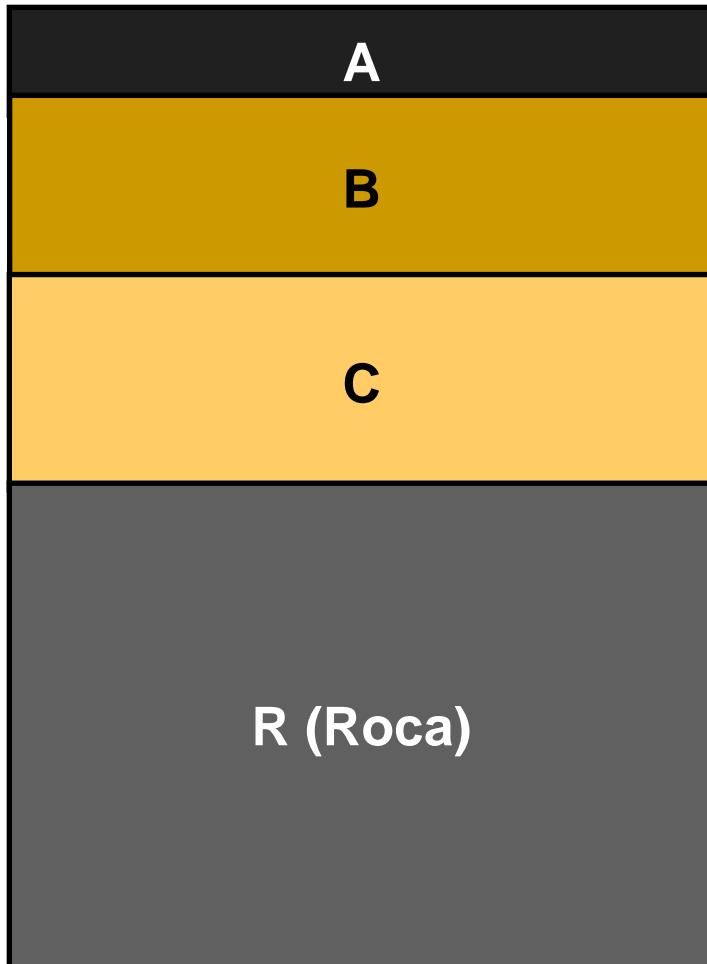
III
Se forman los horizontes

IV
El suelo desarrollado sustenta una vegetación densa

Estratos Superficiales		<p>O1 Hojas sueltas y restos orgánicos en descomposición</p>
Zona eluvial de lavado		<p>O2 Materia orgánica descompuesta</p> <p>A1 Horizonte mineral lavado con alta proporción de mat. orgán. muy fina de color oscuro</p> <p>A2 o E Estrato lavado claro. Max.lavado</p>
Zona iluvial (de acumulación)		<p>A3 Estrato transicional similar A2</p> <p>B1 Estrato similar a B2</p> <p>B2 Acumulación max. de arcilla silicatada max. desarrollo blocoso</p> <p>B3 Transicional a C</p>
Material parental		<p>C Estrato generalmente considerado similar a la apariencia original del suelo donde hay continuidad geológica</p>

Formación de los suelos

Distribución de los horizontes morfogenéticos del suelo





O	Más de 20% de MO, se forma en la parte superior de algunos suelos minerales
A	Formado en superficie, caracterizado por la MO humificada íntimamente relacionada con la fracción mineral
E	Subsuperficial, de color más claro que A. Contiene menores cantidades de MO, arcilla, sesquióxidos y/o carbonatos que el horizonte debajo de él
B	Subsuperficial estructurado con color distinto a los horizontes inferiores. Puede tener presencia de material iluvial (arcilla, hierro, carbonato, aluminio o humus)
C	Material no consolidado o débilmente consolidado, que mantiene características similares a las del material parental

Tipos de materiales parentales



Aluvial: También conocido como fluvial, ubicados a lo largo de la hoyas hidrográfica, su agente formador es el río, posee una textura heterogénea, una forma más o menos esférica y su disposición tiende a la imbricación (Abanico aluvial, llanura aluvial de río meandrino, Terrazas y llanura aluvial de río trenzado)

Coluvial: Material que se forma al pie de un cerro, su textura es heterogénea, sus formas son angulosas y subangulosas y su disposición es anárquica (Coluvios, conos de detritos)

Torrenciales: Flujos, coladas, lahares, abanico torrenciales.

Residual: Material no transportado proveniente de la alteración de las rocas originarias que permanecen en el lugar de su formación.

Tipos de materiales parentales



Lacustrino: Material depositado por aguas de movimiento lento como la de los lagos (Planicie lacustre, cubetas, basines.)

Eólico: Material producido por la acción del viento, su forma es homogénea y su disposición es masiva.(Dunas, mantos de arena, mantos de ceniza y lapilli)

Volcánico: Material formado tras erupciones volcánicas, su forma es muy heterogénea, su forma es irregular y su disposición errática y caótica.

Material parental (Material litológico duro y coherente)



Rocas metamórficas



Fuente: U Politécnica de Valencia

Rocas sedimentarias

Material parental (Depósitos superficiales)



*Depósitos
coluviales*



*Depósitos
aluviales*



*Depósitos
aluviales*



Depósitos de cenizas volcánicas

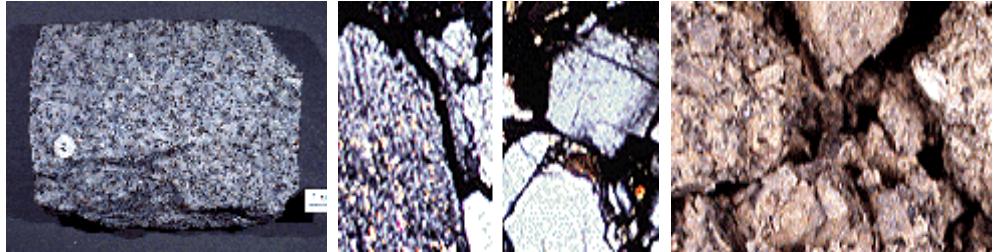


Depósitos orgánicos

¿Porqué estudiar las rocas y los minerales de los suelos?

- El suelo es parte de la litosfera.
- Se encuentra en la superficie de los continentes.
- Es una interfase donde interactúan los sólidos, líquidos, gases y la biota del planeta.
- En promedio, entre el 95 y 98 % de la masa sólida del suelo está compuesta de minerales.
- Muchas de las propiedades de los suelos están determinadas totalmente o en parte por los minerales que los componen y la cantidad de ellos que están presentes.

Parámetros de las rocas



Composición mineralógica:

- Estabilidad de los minerales.
- Contenido de minerales estables.

Permeabilidad:

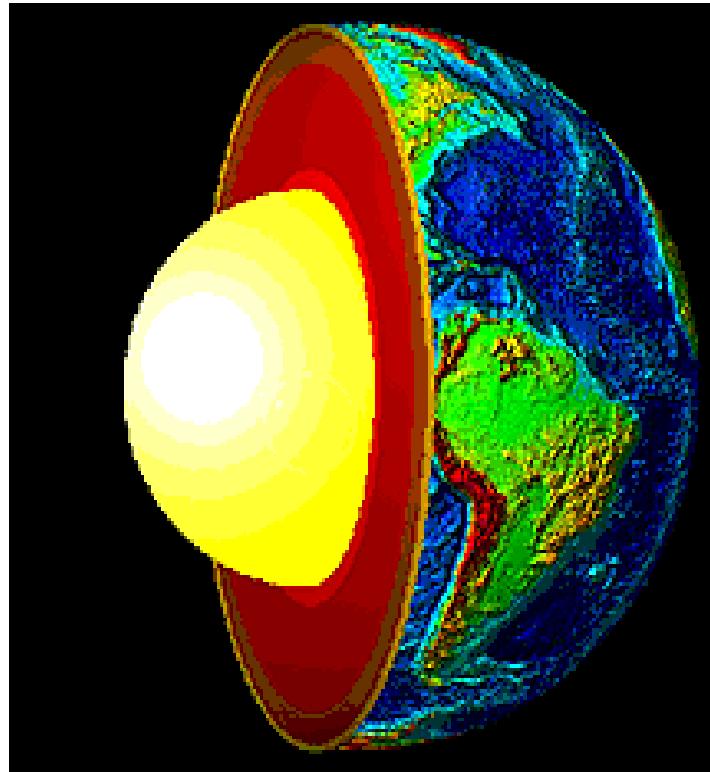
- Regula la penetración y circulación del aire y del agua y condiciona la fragmentación, alteración y translocación de los materiales.

Granulometría:

- Materiales de granulometría gruesa (arenosos) presentan gran estabilidad frente a la alteración.
- La granulometría gruesa da lugar a materiales muy porosos, los materiales arcillosos ofrecen unos comportamientos opuestos y los de granulometrías equilibradas dan resultados intermedios.

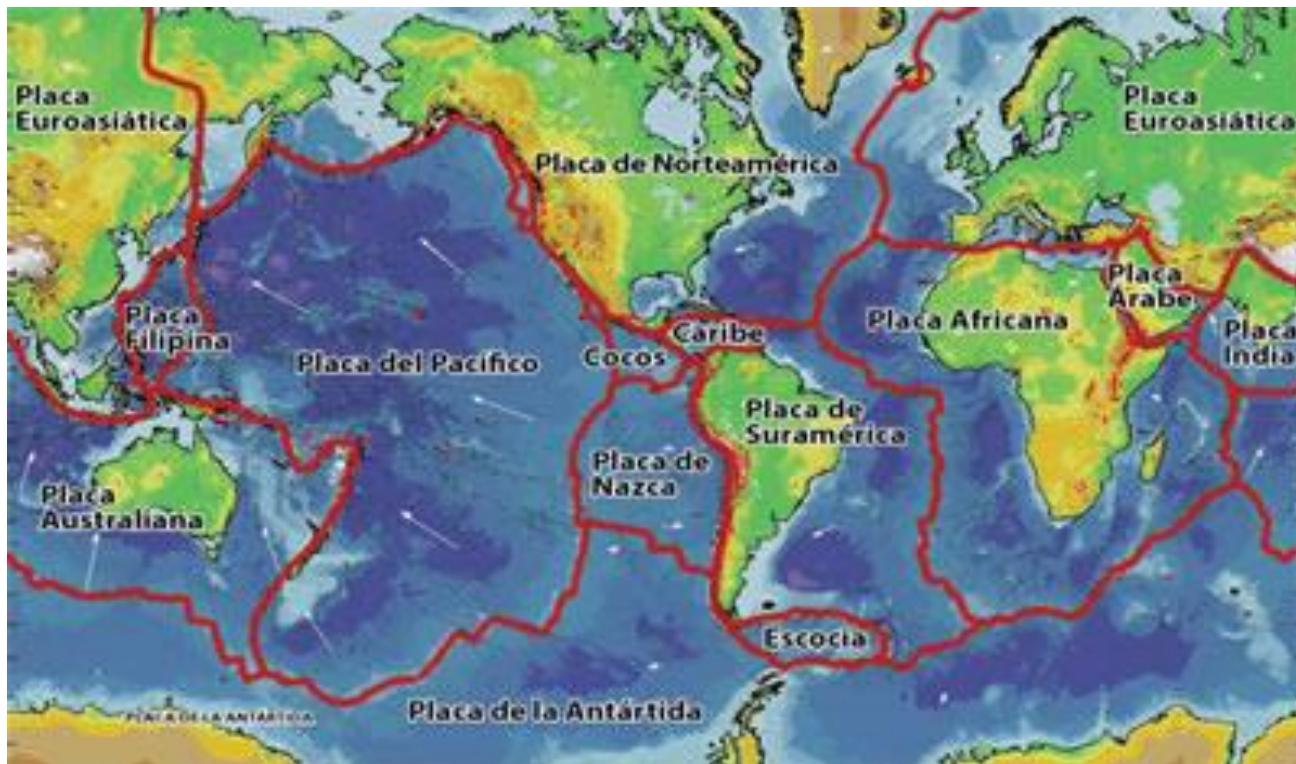
Estructura de la tierra

- **Litosfera**
- **Manto**
- **Núcleo**



- **Océanos**
- **Continentes**
- **Biosfera**
- **Atmósfera**

Placas tectónicas de la Tierra



Los movimientos que ocurren muy dentro de la Tierra llevan calor desde el interior hasta una superficie más fría, y hace que las placas se **muevan** muy lentamente a lo largo de la superficie, a un ritmo de aproximadamente 2 pulgadas por año.

La principal fuerza que da forma a nuestro planeta a lo largo de mucho tiempo es el movimiento de la capa externa, a través del proceso de **tectónica de placas**.

La rígida capa externa de la Tierra llamada **litósfera**, está formada por placas que encajan entre sí como un rompecabezas. Estas placas están hechas de rocas. Pero la roca es, por lo general, muy liviana en comparación con el denso fluido que tiene debajo. Esto permite que las placas "floten" sobre el material más denso.



Rocas Igneas

Las rocas ígneas se forman cuando la roca derretida se enfriá y se solidifica

Magma: roca derretida, cuando está por debajo de la superficie de la Tierra

Lava: roca derretida cuando está sobre la superficie.

Las rocas ígneas que se forman por debajo de la superficie de la Tierra se llaman, rocas ígneas intrusivas, (o plutónicas).

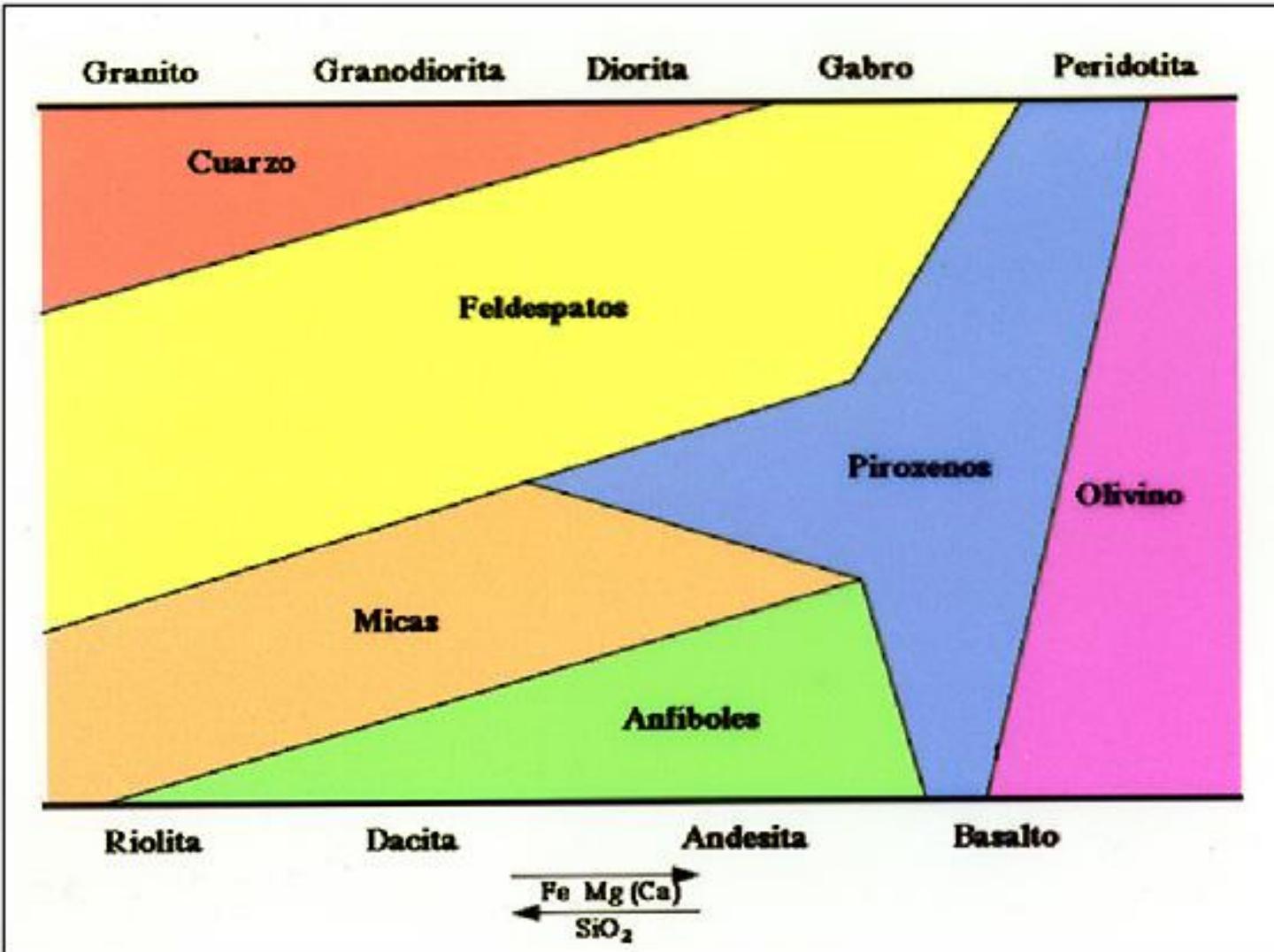
Las rocas ígneas que se forman sobre la superficie de la Tierra se llaman rocas ígneas extrusivas (o volcánicas)



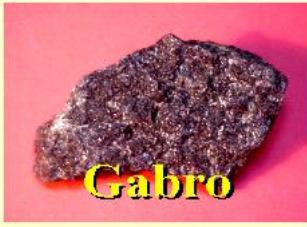
Las rocas **ígneas extrusivas**, o volcánicas, se forman cuando el magma fluye hacia la superficie de la Tierra y hace erupción o fluye sobre la superficie de la Tierra en forma de lava

Las rocas **basalto** son el tipo más común de rocas ígneas extrusivas

Plutónicas o Intrusivas



Volcánicas o Efusivas

PROFUNDIDAD DE FORMACIÓN	COMPOSICIÓN DEL MAGMA		
	ÁCIDO $> 70\% \text{ SiO}_2$	NEUTRO $50-70 \% \text{ SiO}_2$	BÁSICO $< 50\% \text{SiO}_2$
PROFUNDA (plutónica)	 Granito	 Sienita	 Gabro
INTERMEDIA	Microgranito	Microsienita	Microgabro
LAVA (Efusiva)	 Riolita	 Andesita	 Basalto

Rocas ígneas

Pegmatitas



P. de mica



P. feldespática



P. turmalinifera

Riolitas



Obsidiana



Obsidiana navada



Riolita



Riolita bandeada



Pumita

Granitos



G. rosa



G. Hornbléndico



G. gráfico



G. leucogranito

Rocas Sedimentarias

Se forman por la cementación de partículas transportadas que varían en tamaño desde la arcilla hasta cantos rodados (litificación de sedimentos no consolidados), y se clasifican de acuerdo con la naturaleza de las partículas que la forman.

En cuanto a su composición se distinguen:

Clásticas (silicatos).

Calcáreas (carbonato cálcico).

Mixtas (silicatos y carbonatos).

Orgánicas (restos vegetales, conchas de organismos, diatomeas, radiolarios)

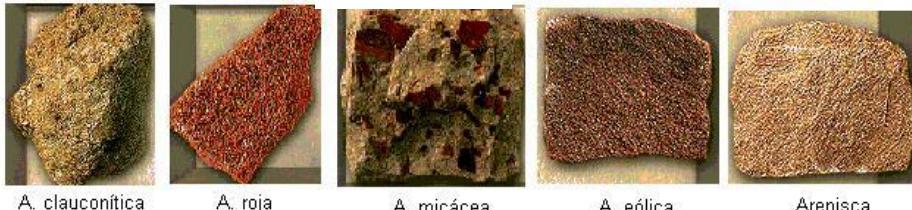
Evaporíticas (yeso, halita, carnalita, epsomita, sulfatos, cloruros, fosfatos como el apatito).

Clasificación

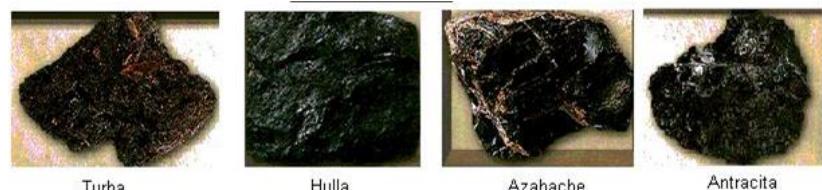
Composición	Textura	Tipo		
		Suelta	Consolidada	Cristalina
Clástica	Arcillosa	Arcilla	Pizarra	-
	Limosa	Loess	Pelita	-
	Arenosa	Arena	Arenisca	Cuarcita
Calcárea	Arcillosa	Creta	Caliza	
	Limosa	Caliza	Toba	Mármol
Mixta	Fina	Marga	Mármol arcilloso	
	Gruesa	Molasa	Asperón calizo	
Evaporítica	Fina	Muy variadas		

Rocas Sedimentarias

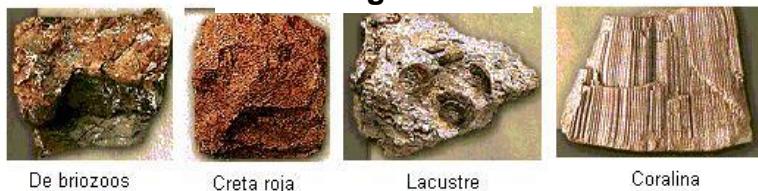
Areniscas



Carbones



Calizas orgánicas



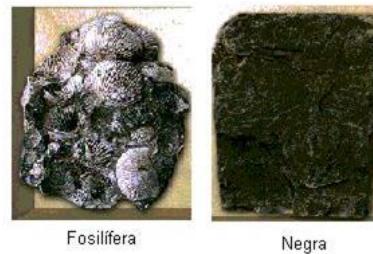
Conglomerados y Brechas



Calizas de precipitación química



Pelitas

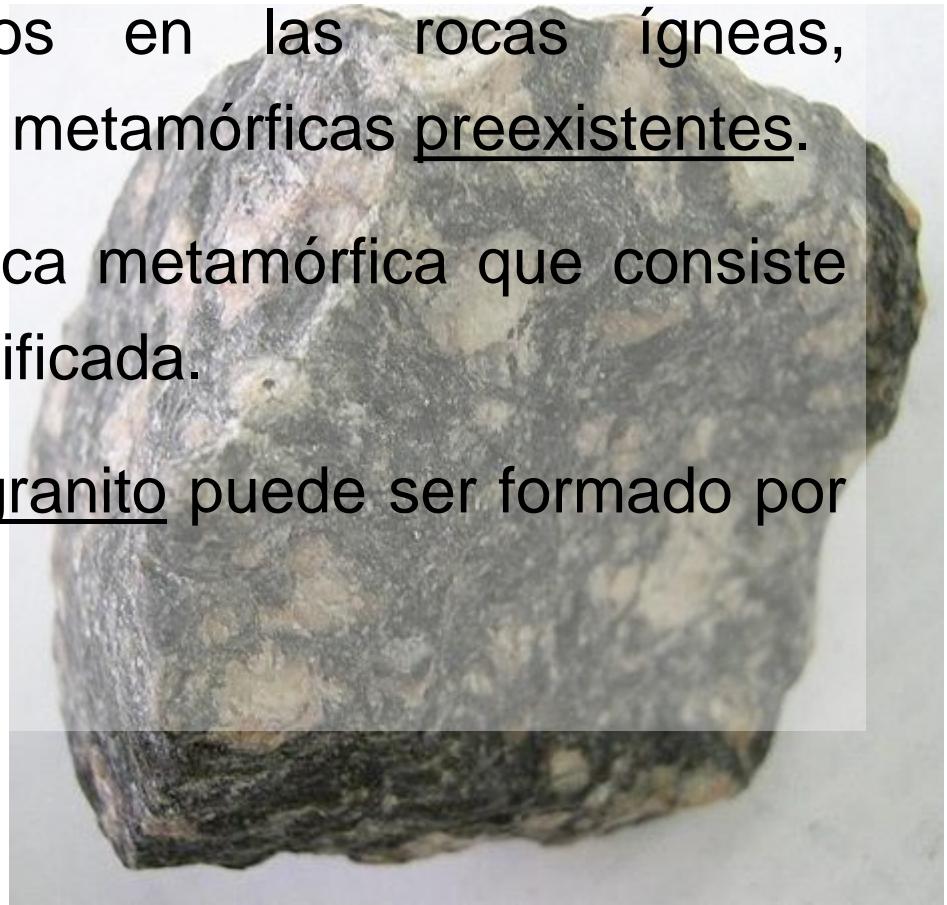


Rocas metamórficas

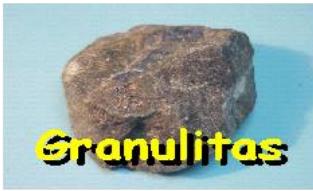
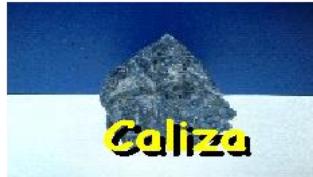
Se forman donde hay suficiente calor, presión y a veces acción química, factores que originan cambios significativos en las rocas ígneas, sedimentarias y otras metamórficas preexistentes.

El mármol es una roca metamórfica que consiste en roca calcárea modificada.

En ciertos casos, el granito puede ser formado por metamorfismo.



Clasificación

ROCA ORIGINARIA	GRADO DE METAMORFISMO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
LUTITAS Y LIMONITAS	 Filitas	 Gneis	 Granulitas
ARENISCAS	 Cuarcitas	 Cuarcitas	 Cuarcitas
CALIZAS	 Caliza	 Mármoles	 Mármoles
LAVAS	 Cloritesquisto	 Anfibolita	 Piroxenita

Rocas Metamórficas

Milonita



Pizarras



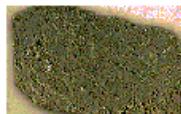
Negra



Con fósiles



Con pirita



Verde

Gneises



Gneis



Plegado



Migmatita



Granular

Esquistos



Plegado



Moscovítico



Cianítico

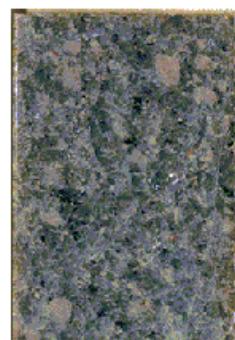


Biotítico



Granate

Mármoles



Azul



Verde

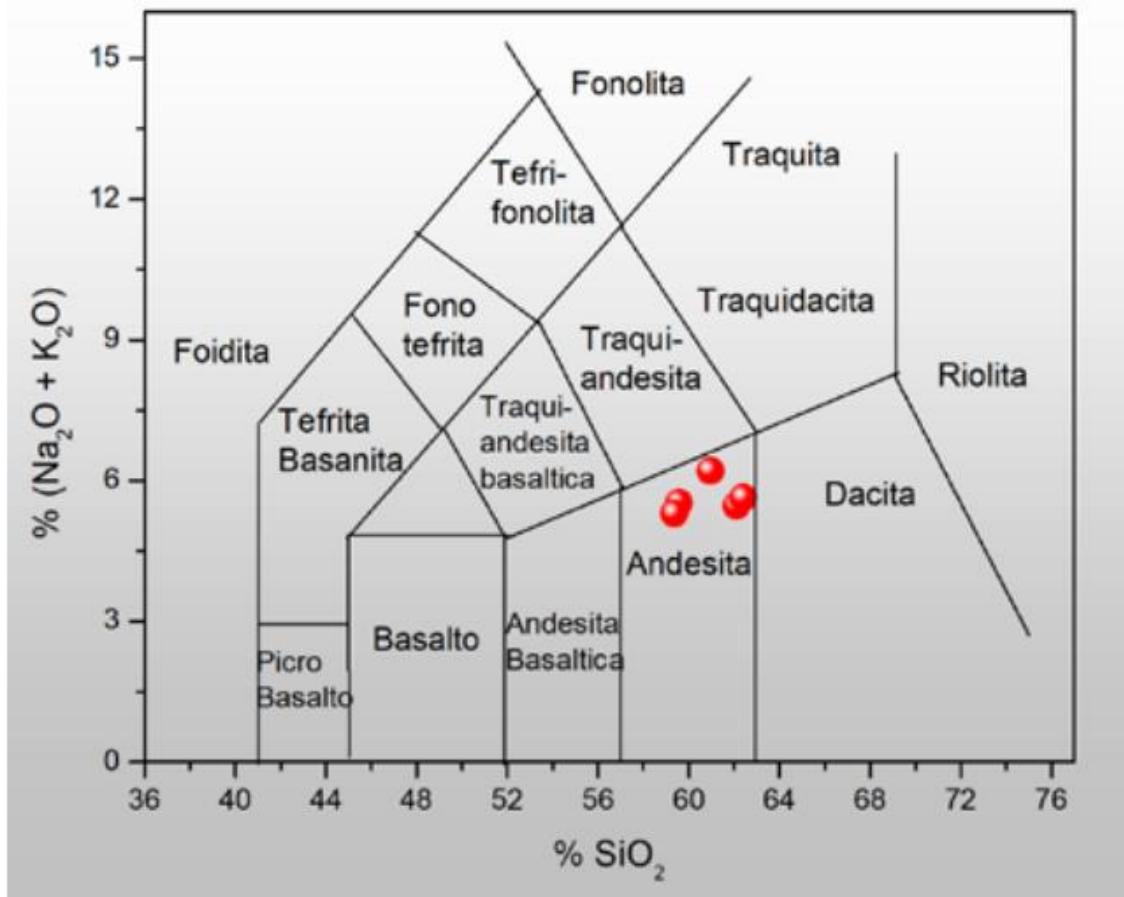


Olivínico

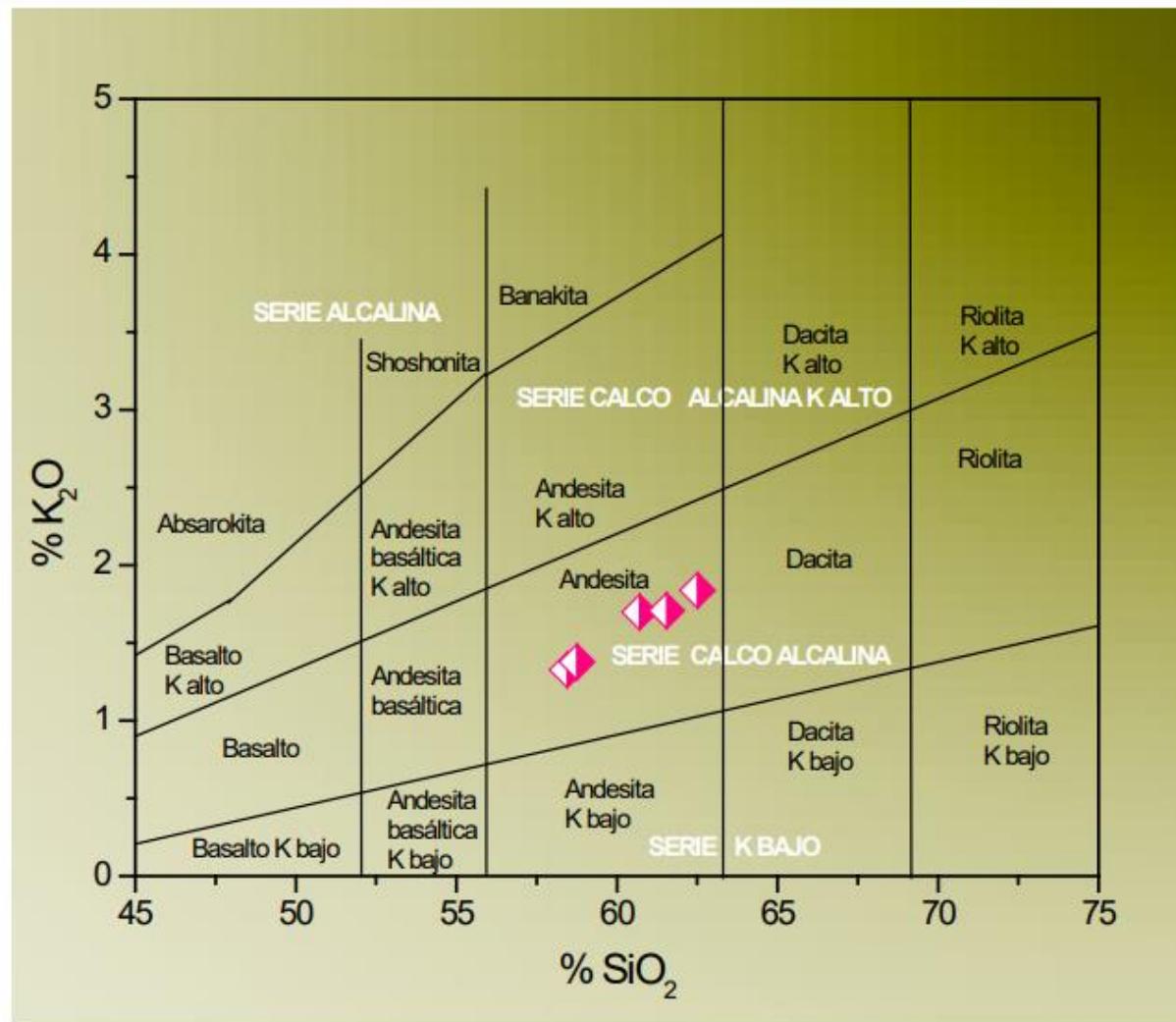


Gris

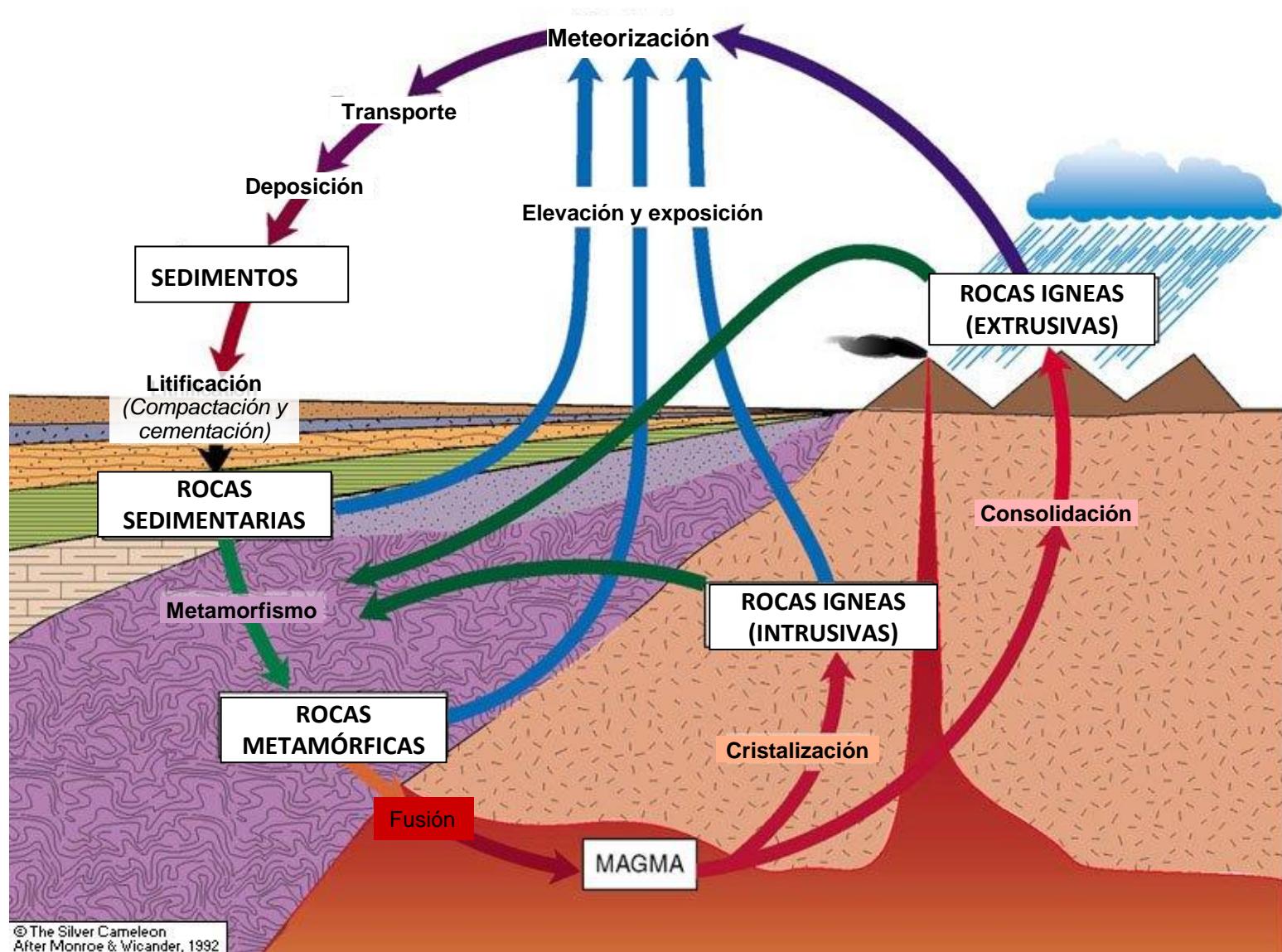
Clasificación de las cenizas volcánicas en función del contenido de óxidos alcalinos y sílice total (diagrama de TAS)



Clasificación de las cenizas volcánicas en función del contenido de óxido de potasio y sílice total.



Ciclo de las rocas



Las rocas, los regolitos, los sedimentos y los suelos, son arreglos de minerales



Definición de Mineral

Un mineral es un sólido homogéneo que se presenta naturalmente, con una composición definida pero no fija y un arreglo atómico ordenado, formado por procesos inorgánicos.



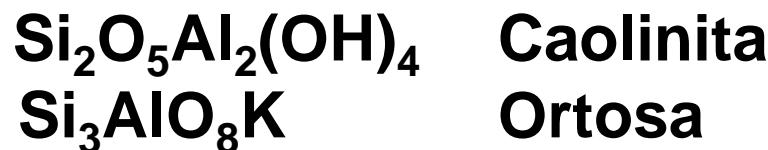
Cristal de Calcita (CaCO₃)

Los minerales son cristales naturales

Son Minerales	No son Minerales
Oro, plata, diamante, grafito	Granito, Basalto, Caliza (Rocas)
Pirita, marcasita, esfalerita	Madera, Carbón (orgánico, no cristalino)
Sal (Halita), fluorita, <u>Calcita</u> , apatito	Sedimentos o partículas primarias (arena, limo, arcilla)
Olivino, granate, zircón	
Piroxenos, anfíboles, <u>Micas</u>	
<u>Cuarzo</u> , <u>feldespato</u> , zeolita	

Características

- Son químicamente homogéneos hasta la escala atómica.
- Tienen fórmulas químicas determinadas por las estructuras atómicas:



- Son cristales, tienen arreglos periódicos de átomos.
- Son moléculas polimerizadas



CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES

ORIGEN:

Primarios



Cuarzo
(SiO_2)

Secundarios



Calcita
(CaCO_3)

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURA CRISTALINA:

Elementos Nativos: Oro (Au), Plata (Ag), Cobre (Cu), Diamante (C), Grafito (C).

Sulfuros: Galena (PbS), Antimonita (Sb_2S_3), Blenda (ZnS), Cinabrio (HgS).

Halogenuros: Halita (NaCl).

Óxidos: Casiterita (SnO_2), Cromita ($\text{Fe,Mg}(\text{Cr}_2\text{O}_4)$), Cuarzo (SiO_2), Hematita (Fe_2O_3), Ilmenita (FeTiO_3), Pirolusita (MnO_2).

Hidróxidos: Bauxita ($\text{FeAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Nitratos y Carbonatos: Calcita (CaCO_3).

Sulfatos: Baritina (BaSO_4), Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Fosfatos: Apatito ($\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})/(\text{PO}_4)$)

Silicatos: Arcillas, Moscovita ($\text{KAl}_2(\text{OH}, \text{F})_2/\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$]), Talco ($\text{Mg}_3(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}$]).

Primarios:

Formados a temperatura y presiones mas altas que las de la superficie de la tierra. Se encuentran en rocas ígneas y metamórficas.

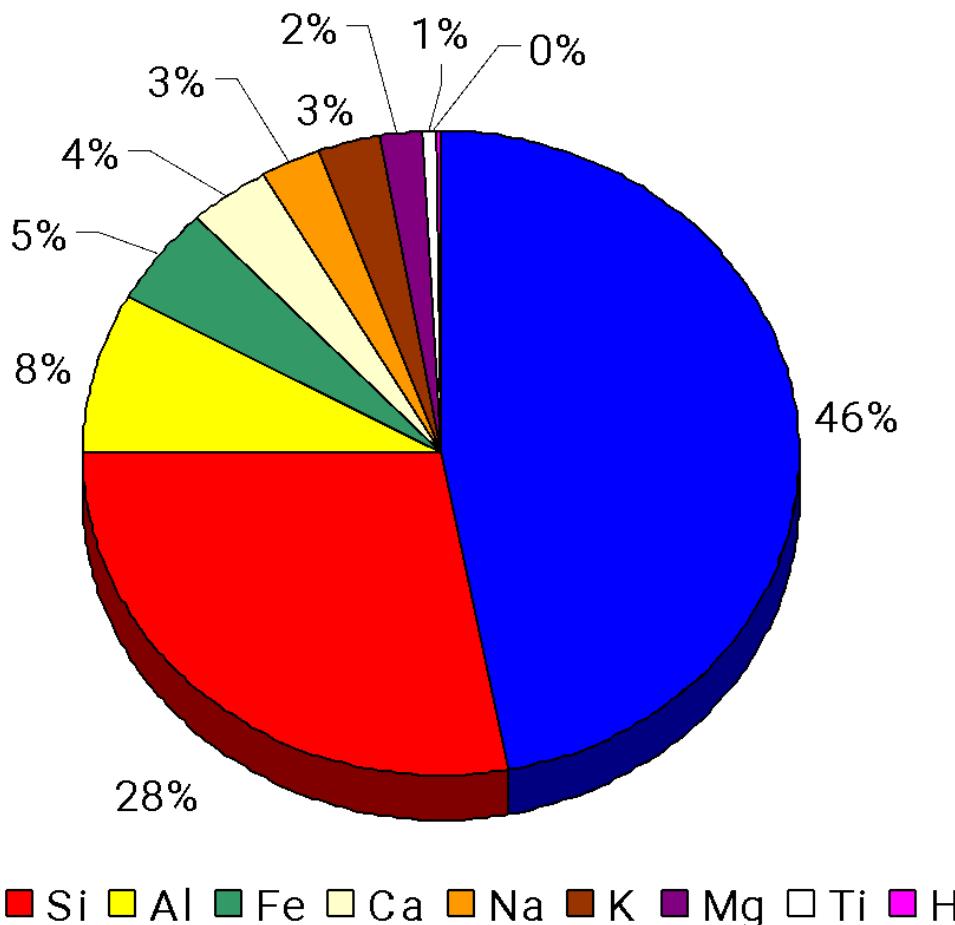
- ✓ Cuarzo (SiO_2)
- ✓ Feldespatos: Ortoclasa, Plagioclasa (KAISi_3O_8 , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)
- ✓ Silicatos en capas: Micas, Clorita ($\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{Al}_2(\text{OH})\text{K}$, $\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{Mg.Fe})_3(\text{OH})_2\text{K}$)
- ✓ Silicatos ferromagnesianos: Anfíboles, Piroxeno, Olivino ($\text{Ca}_2\text{Mg}_2(\text{OH}, \text{F})_2 (\text{Si}_4\text{O}_11)_2$)
- ✓ No silicatos (Apatita).

Secundarios:

Formados bajo condiciones de temperatura y presión iguales a las de la superficie de la tierra, por meteorización de minerales pre-existentes.

- ✓ Minerales de arcilla: Hidroxialuminosilicatos
 $(\text{Al}_2(\text{OH})_4 (\text{Si}_4\text{O}_5))$
- ✓ Óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de Fe, Al y Si:
Gibsita $(\text{Al}(\text{OH})_3)$
- ✓ Carbonatos: Calcita, Dolomita $(\text{CaCO}_3, \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$
- ✓ Sulfatos: Yeso $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$
- ✓ Fosfatos: Apatita $(\text{Ca}_5 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH}) (\text{PO}_4)_3)$

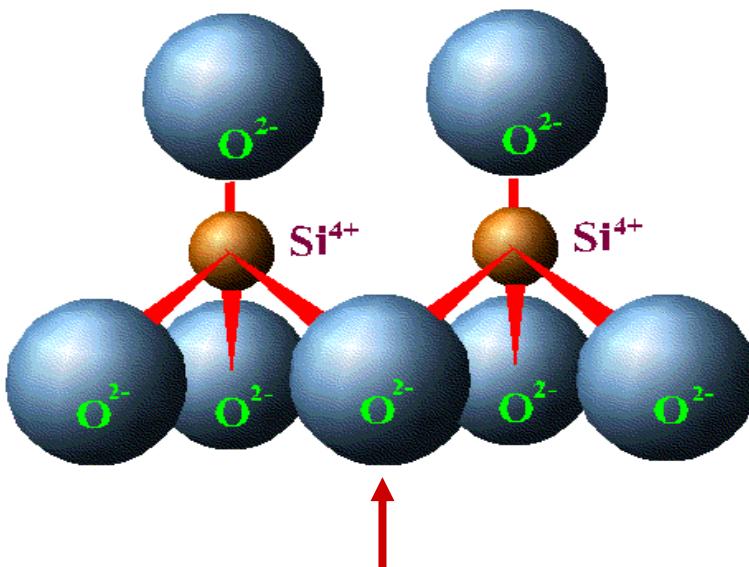
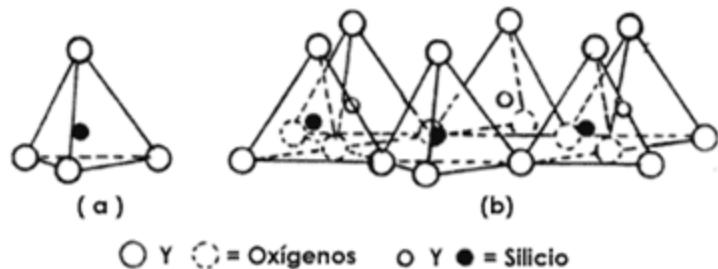
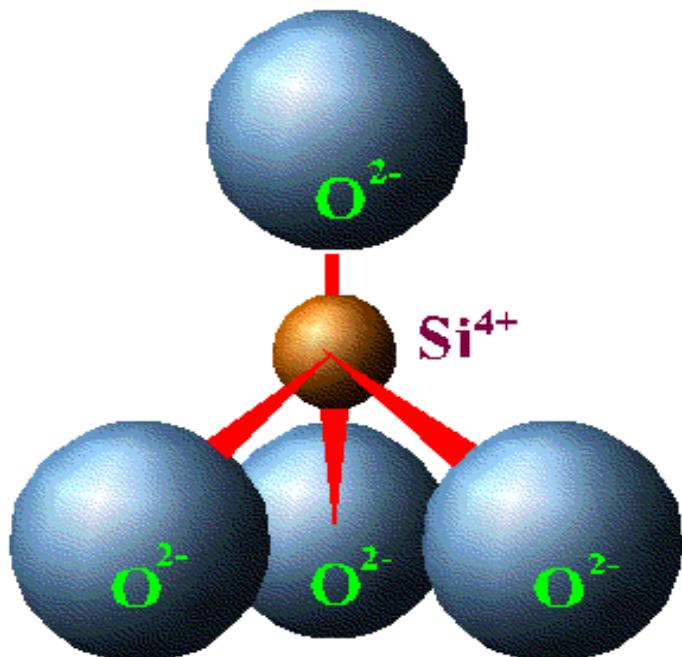
Proporción relativa de los diferentes elementos que constituyen la corteza terrestre (en base a peso)



La suma de oxígeno y silicio representa el 74 % de la litosfera, lo que explica que esté conformada químicamente por **SILICATOS**

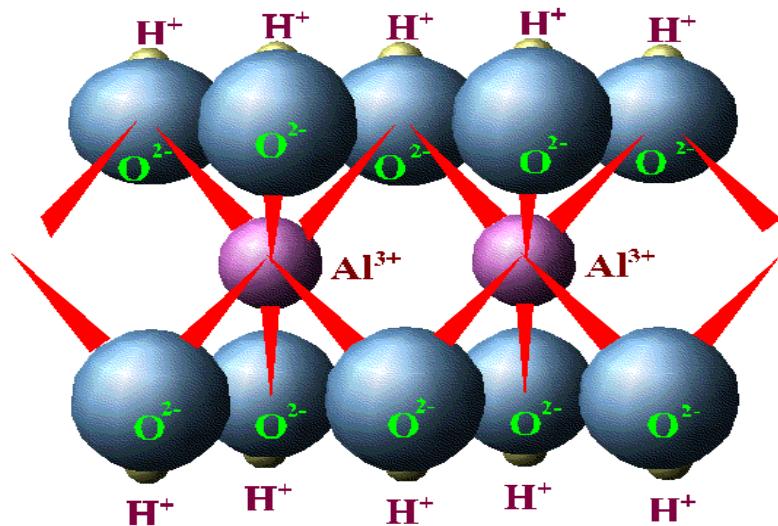
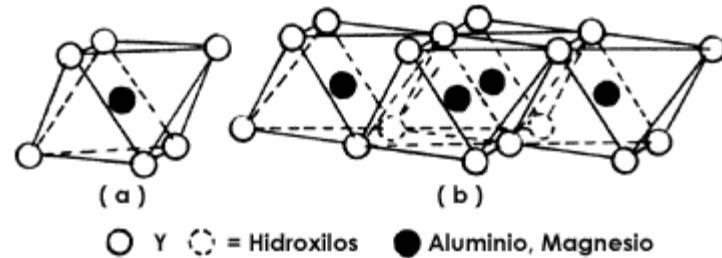
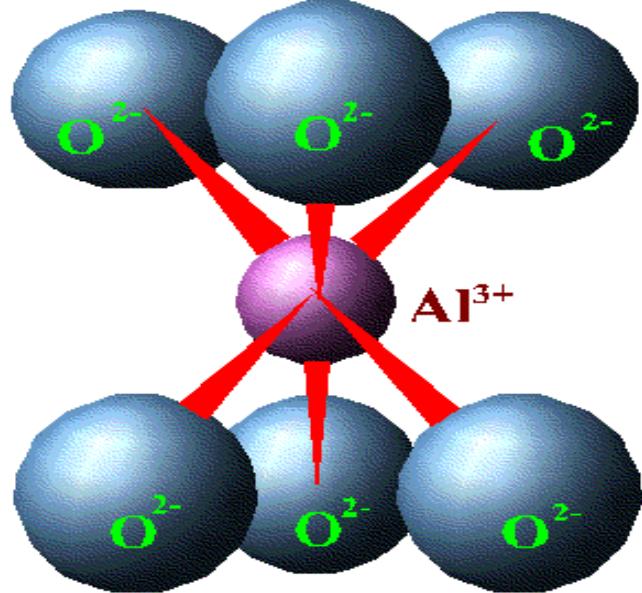
TETRAEDRO DE SILICIO

(UNIÓN DE OXÍGENO Y SILICIO)

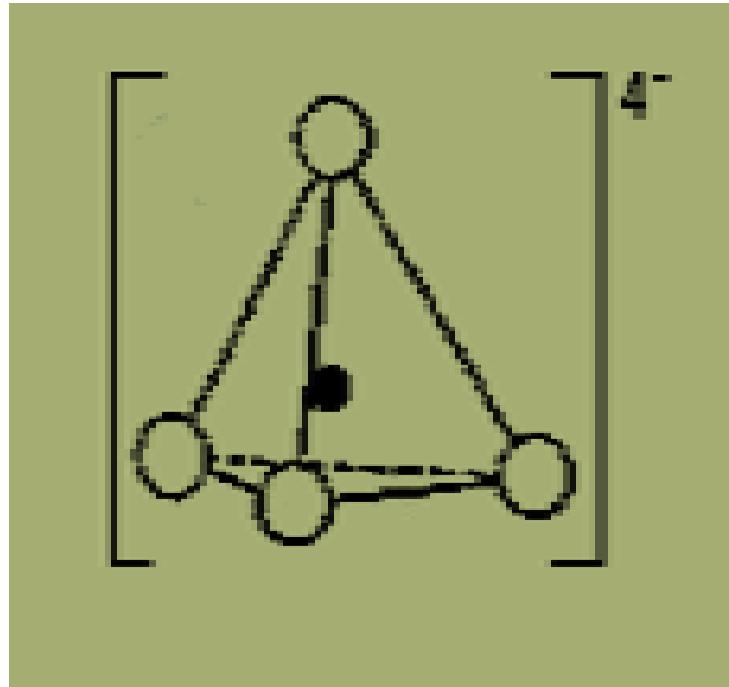
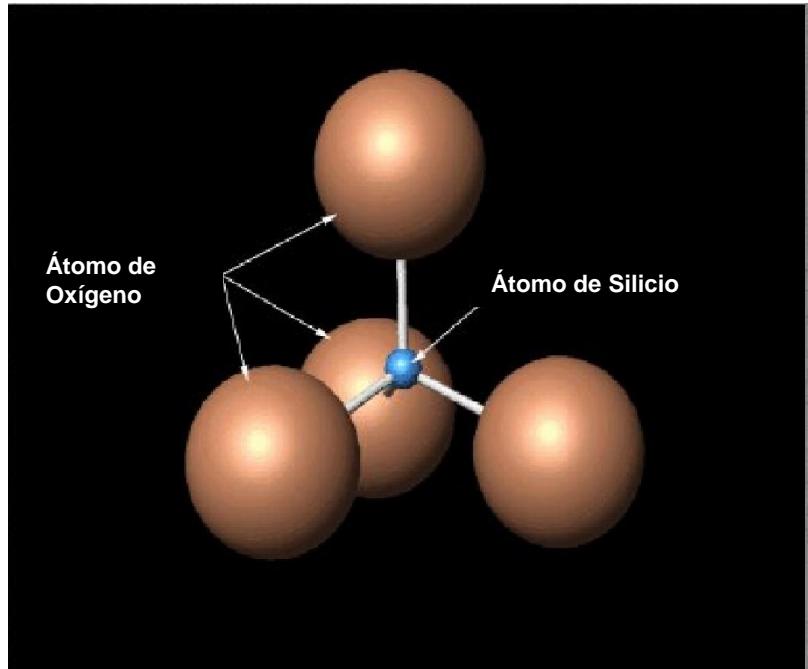


EN MUCHOS MINERALES LOS SILICIOS
COMPARTEN OXÍGENOS

OCTAEDRO DE ALUMINIO RODEADO DE OXÍGENOS

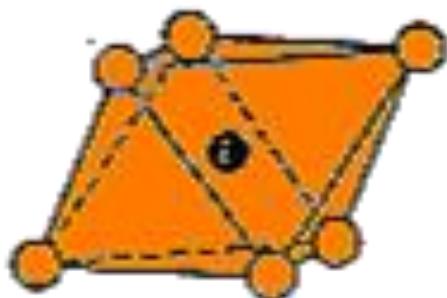


CAPA DE OCTAEDROS DONDE LOS ALUMINIOS
COMPARTEN OXHIDRILOS

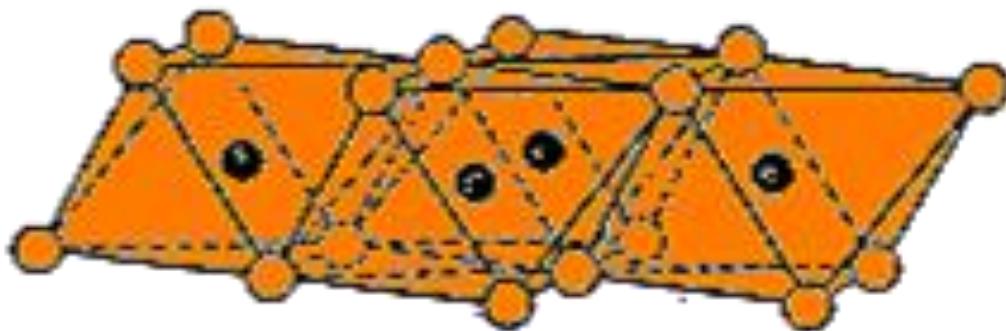


**LOS SILICATOS SON LOS MINERALES MAS
ABUNDANTES Y FORMAN MAS DEL 95% DE
LA CORTEZA TERRESTRE.**

Existe otra unidad básica de formación, que es común a todos los minerales cristalinos:
el Octaedro de Al



(a)



(b)

● = Hidroxilo

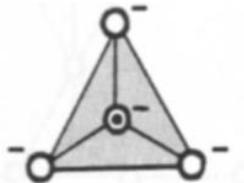
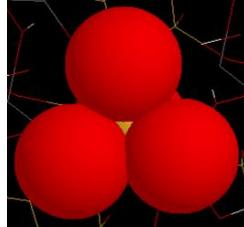
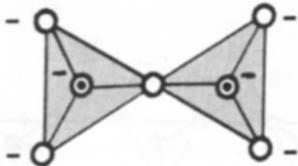
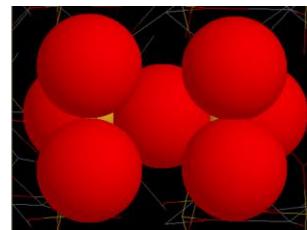
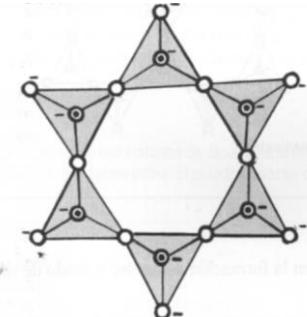
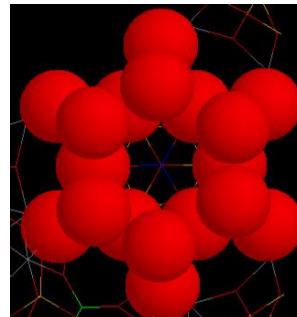
● = Aluminios, magnesios, etc.

¿Cuáles minerales predominan en el suelo?

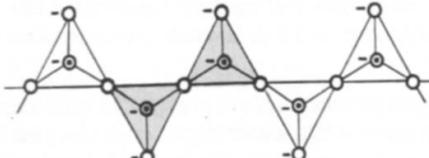
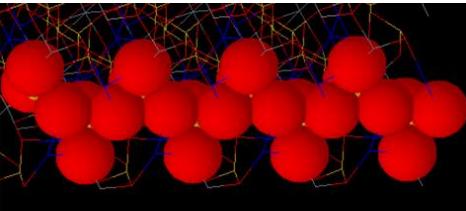
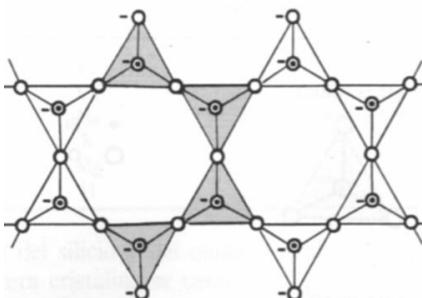
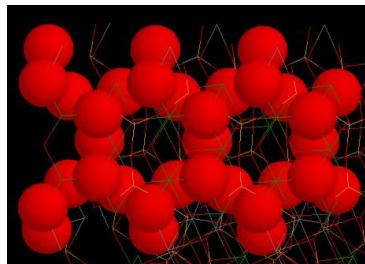
- a) Aquellos que se encuentran en cantidades abundantes en el material de origen.**
- b) Aquellos que sean altamente resistentes a la meteorización.**
- c) Aquellos minerales que son producto de la meteorización.**

**Minerales iniciales + agentes de alteración → minerales secundarios
+ iones en solución + restos de minerales iniciales**

Silicatos

Orden	Estructura de la capa tetraédrica	Ejemplo
Nesosilicatos $[\text{SiO}_4]^{4-}$	  Tetraedros independientes	 Olivino, zircón, granate
Sorosilicatos $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$	  Tetraedros unidos en pares	 Epidota
Ciclosilicatos $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$	  Tetraedros forman anillos	 Berilio, turmalina

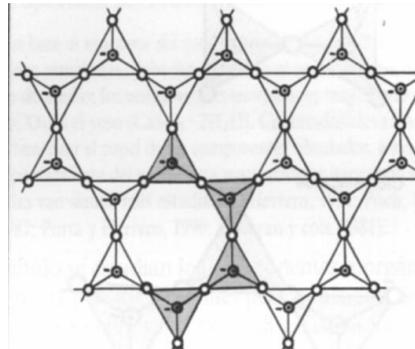
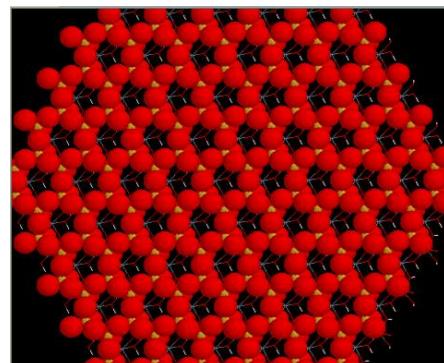
Silicatos

Orden	Estructura de la capa tetraédrica	Ejemplo
Inosilicatos de cadena simple $[SiO_3]^{2n-}$	 	 Tetraedros forman cadenas Piroxeno , diópsido, hiperstena
Inosilicatos de cadena doble $[Si_4O_{11}]^{6n-}$	 	 Anfíboles , tremolita, hornblenda

Silicatos

Orden	Estructura de la capa tetraédrica	Ejemplo
-------	-----------------------------------	---------

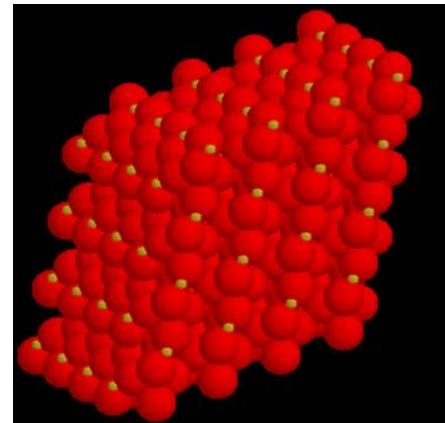
Filosilicatos



Micas, arcillas

Los tetraedros forman láminas

Tectosilicatos

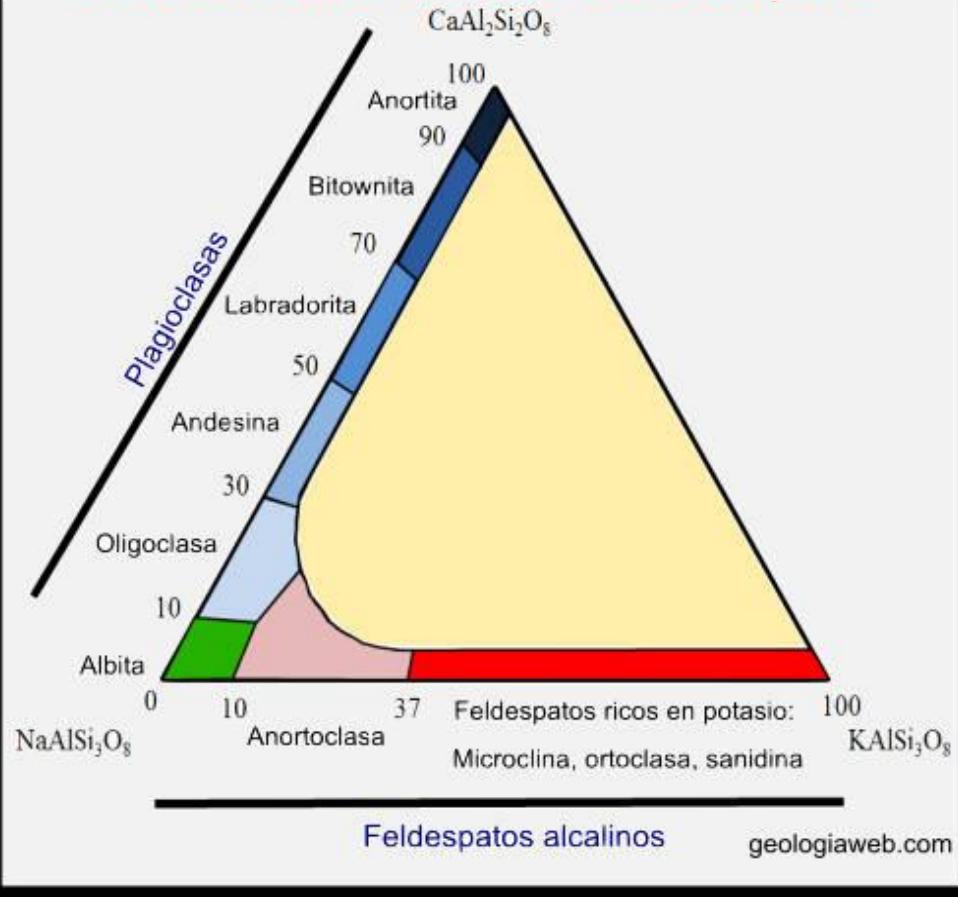


La estructura se forma en tres dimensiones



Cuarzo, feldespatos

Clasificación de los feldespatos



los **feldespatos** son los minerales más abundantes de la corteza terrestre y participan en ella con más de 60% de volumen

En detalle las **plagioclasas** ocupan 41% de volumen, los **feldespatos alcalinos** ocupan 21% de volumen.

Los feldespatos forman un grupo de 3 componentes:

- Feldespato potásico KAlSi_3O_8
- Albita $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
- Anortita $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Series isomórficas

ALBITA
 $\text{Na}(\text{Si}_3\text{AlO}_8)$



+Na +Ca

ANORTITA
 $\text{Ca}(\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8)$



FORSTERITA
 $\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$



+Mg +Fe

FAYALITA
 $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$

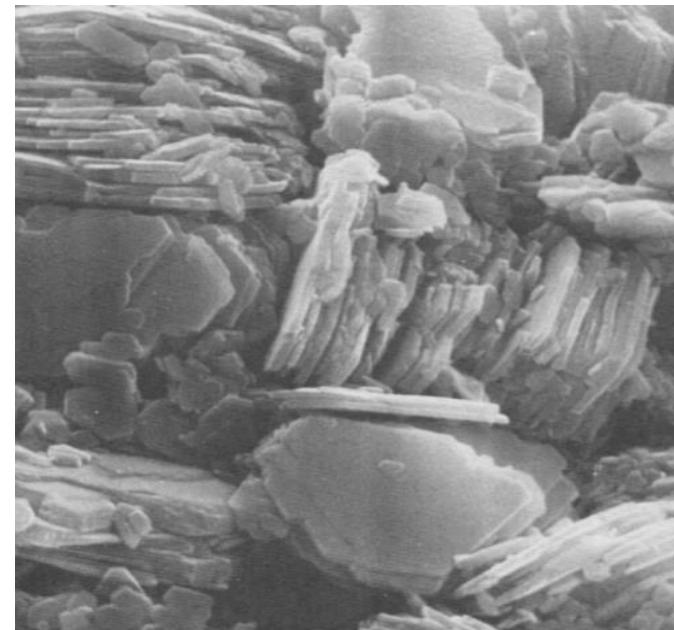


Arcillas

- a) Generalmente están presentes en las fracciones más finas del suelo.
- b) Presentan carga negativa residual.
- c) Presentan cierta plasticidad cuando se mezclan con agua.
- d) Son altamente resistentes a la meteorización.
- e) Están constituidas por dos unidades estructurales básicas (tetraedros y octaedros).
- f) Las láminas se unen y forman unidades estructurales compuestas por un apilamiento de láminas.
- g) Las diferencias se deben principalmente a la cantidad y tipo de sustituciones isomórficas presentes en su estructura cristalina

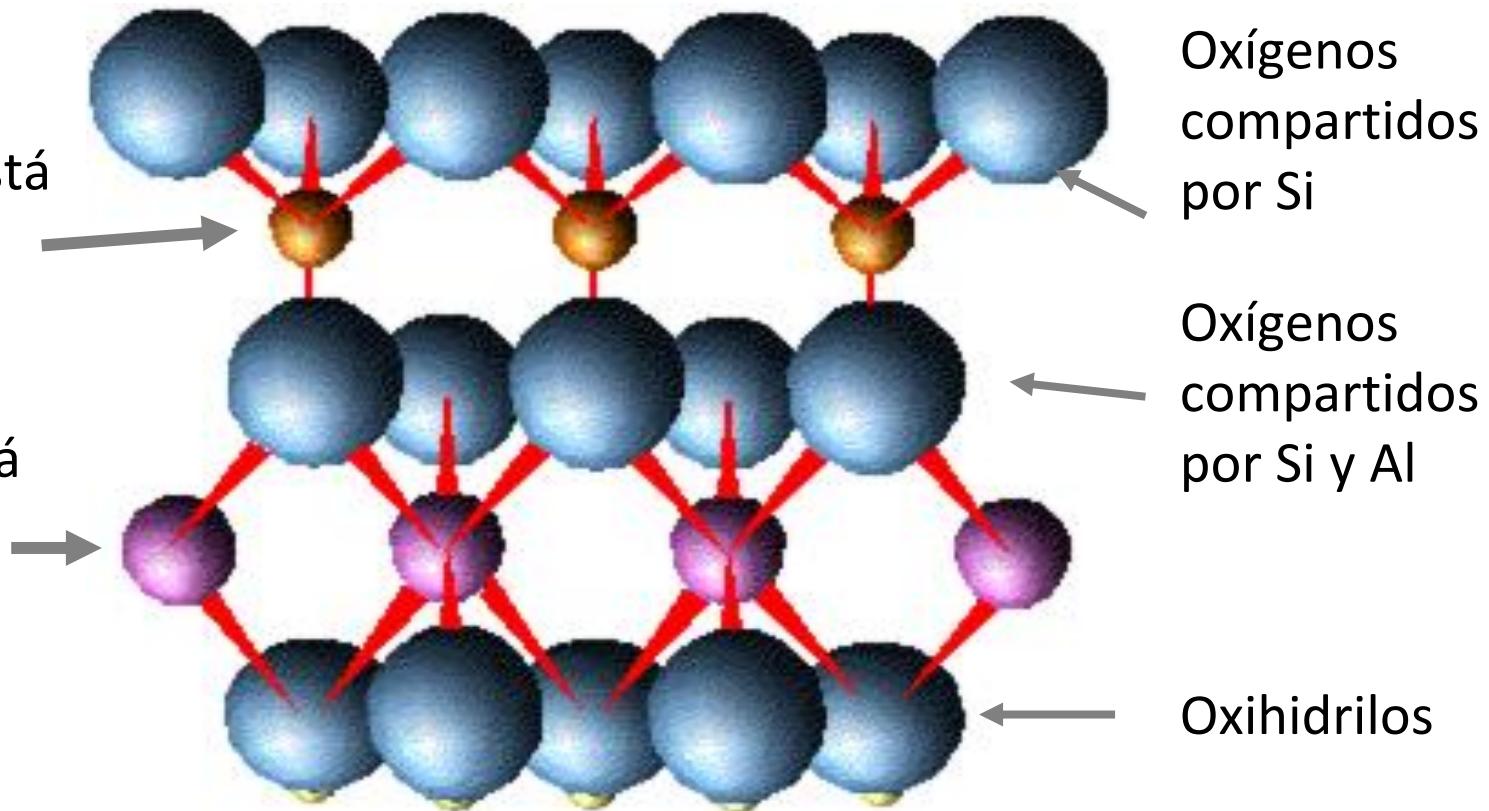
ARCILLAS TIPO 1:1 - CAOLINITA $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$

- a) Generalmente **NO** presentan sustituciones isomórficas.
- b) Prácticamente no presentan carga eléctrica.
- c) No son susceptibles a la expansión contracción.
- d) Son altamente resistentes a la meteorización.



COMBINACIÓN DE TETRAEDROS Y OCTAEDROS

¿dónde está
el Si?



Oxígenos
compartidos
por Si

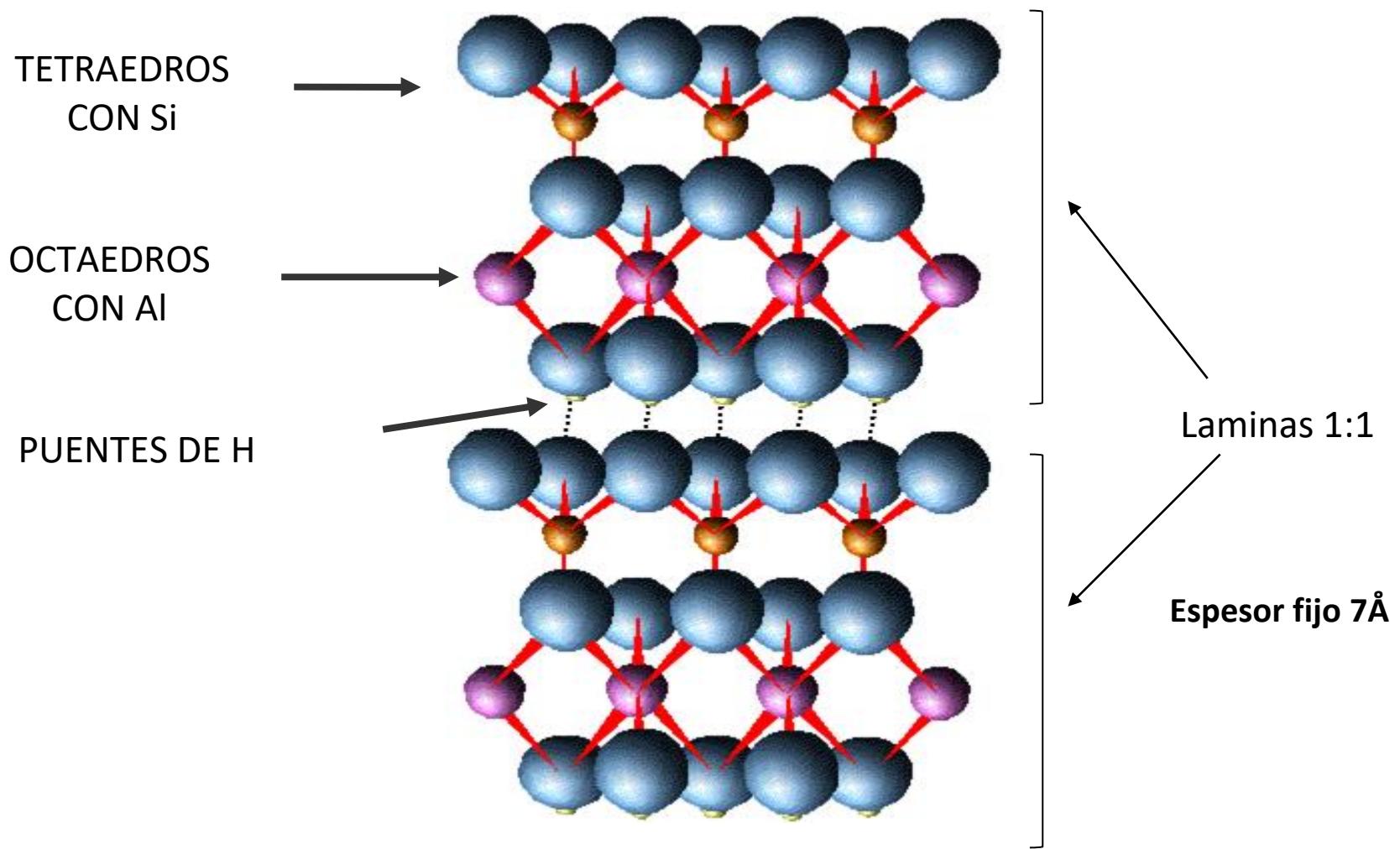
¿dónde está
el Al?

Oxígenos
compartidos
por Si y Al

Oxihidrilos

ESTRUCTURA DE CAOLINITA (MINERAL ARCILLOSO 1:1)

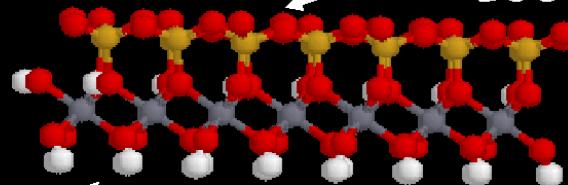
CAPAS DE CAOLINITA UNIDAS POR PUENTES DE H



CAOLINITA



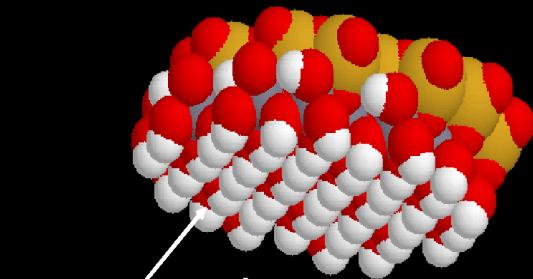
CAPA DE OXÍGENO DE
LOS TETRAEDROS



CAPA DE HIDRÓGENO
DE LOS OCTAEDROS

MDL

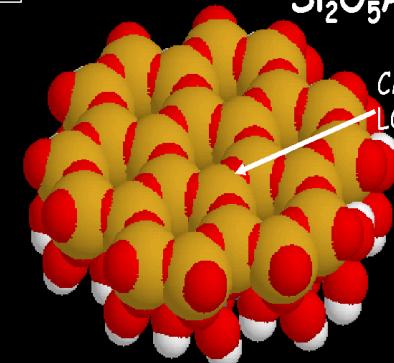
CAOLINITA



CAPA DE HIDRÓGENO
DE LOS OCTAEDROS

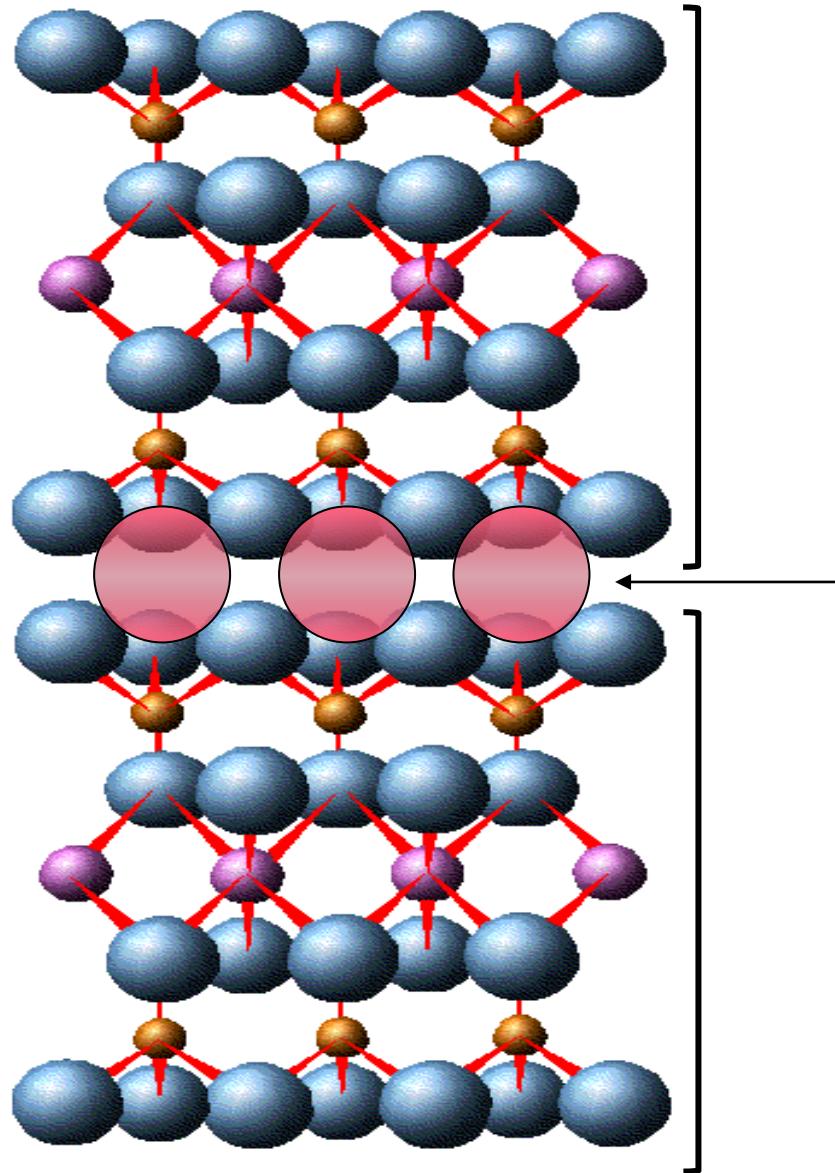
MDL

CAOLINITA



CAPA DE OXÍGENO DE
LOS TETRAEDROS

MDL

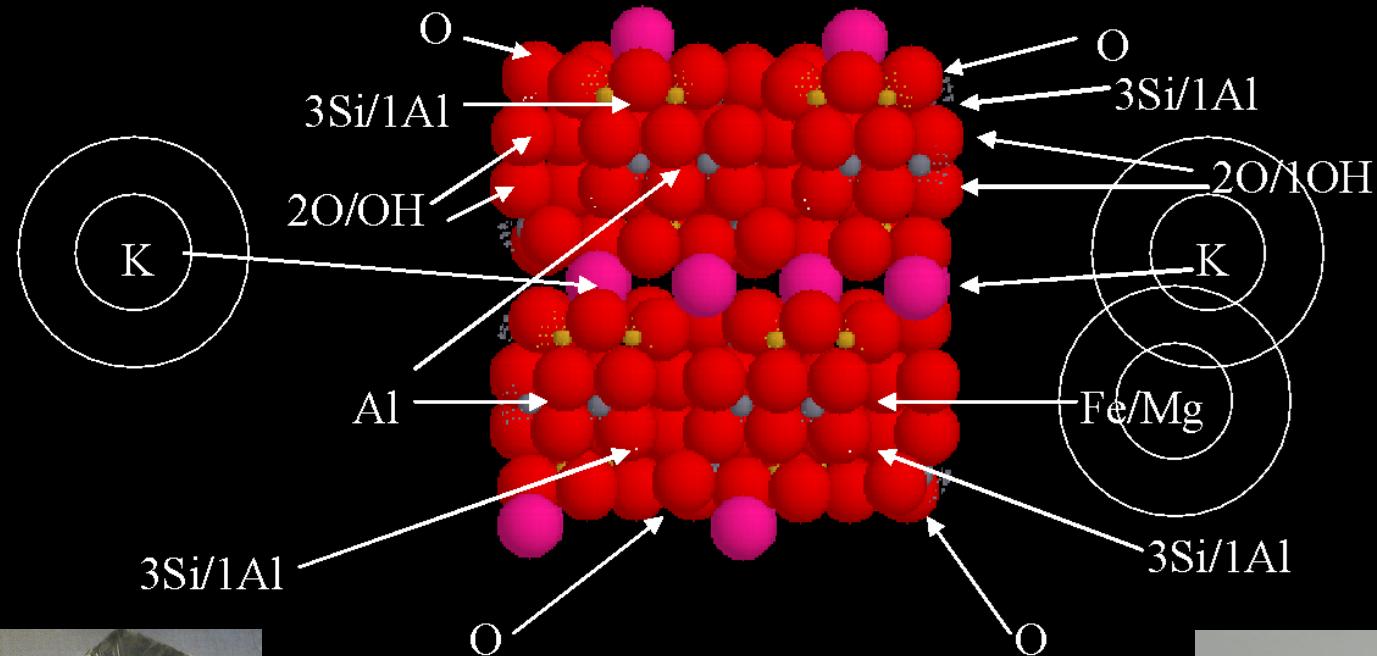


**CAPAS DE MICA UNIDAS
POR IONES DE K⁺**

MOSCOVITA

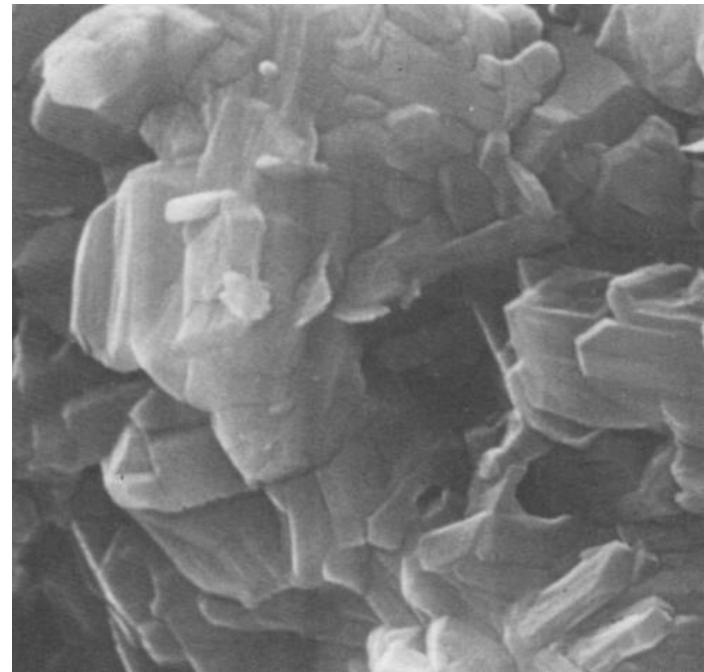
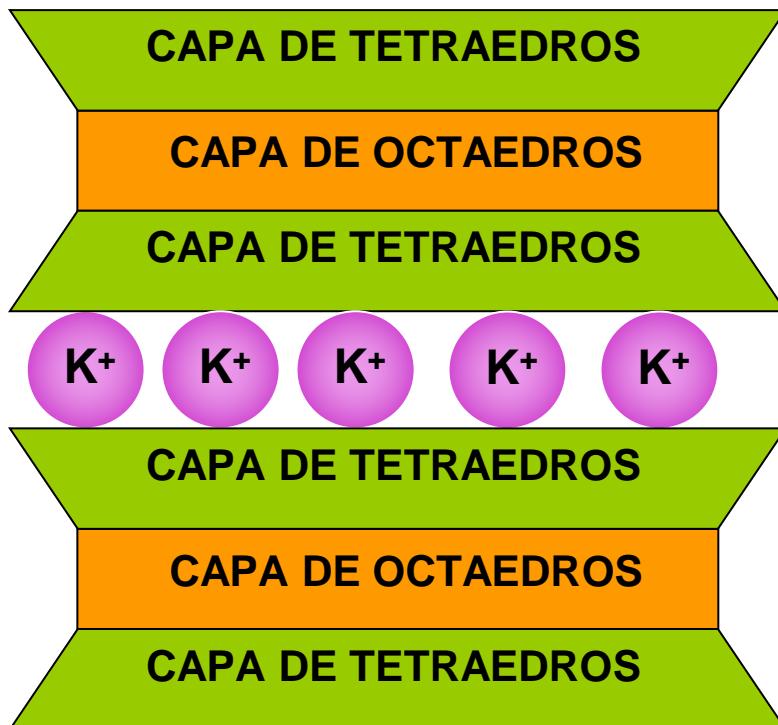
MICAS

BIOTITA

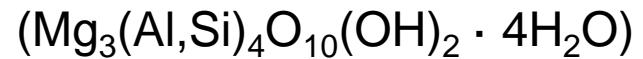


ARCILLAS TIPO 2:1 - ILLITA

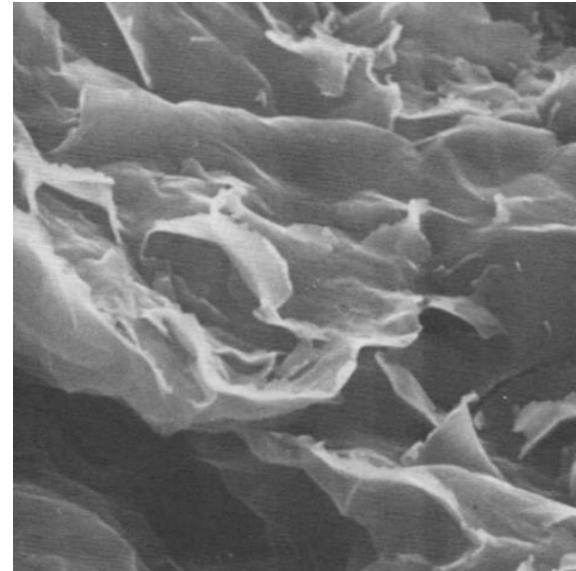
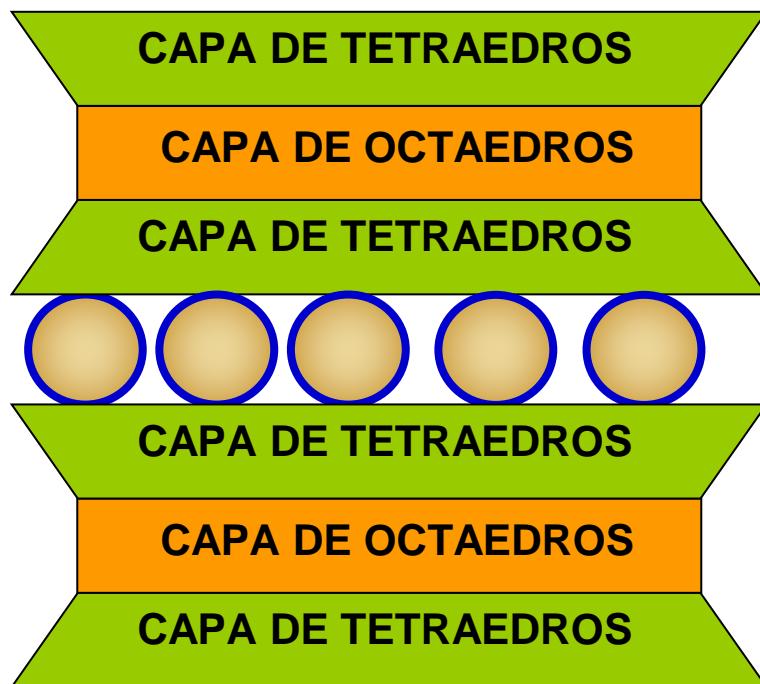
- a) Las cargas se deben principalmente a **sustituciones isomórficas**.
- b) El exceso de cargas es compensado con potasio, el cual mantiene unidas las láminas evitando que se expandan y contraigan.



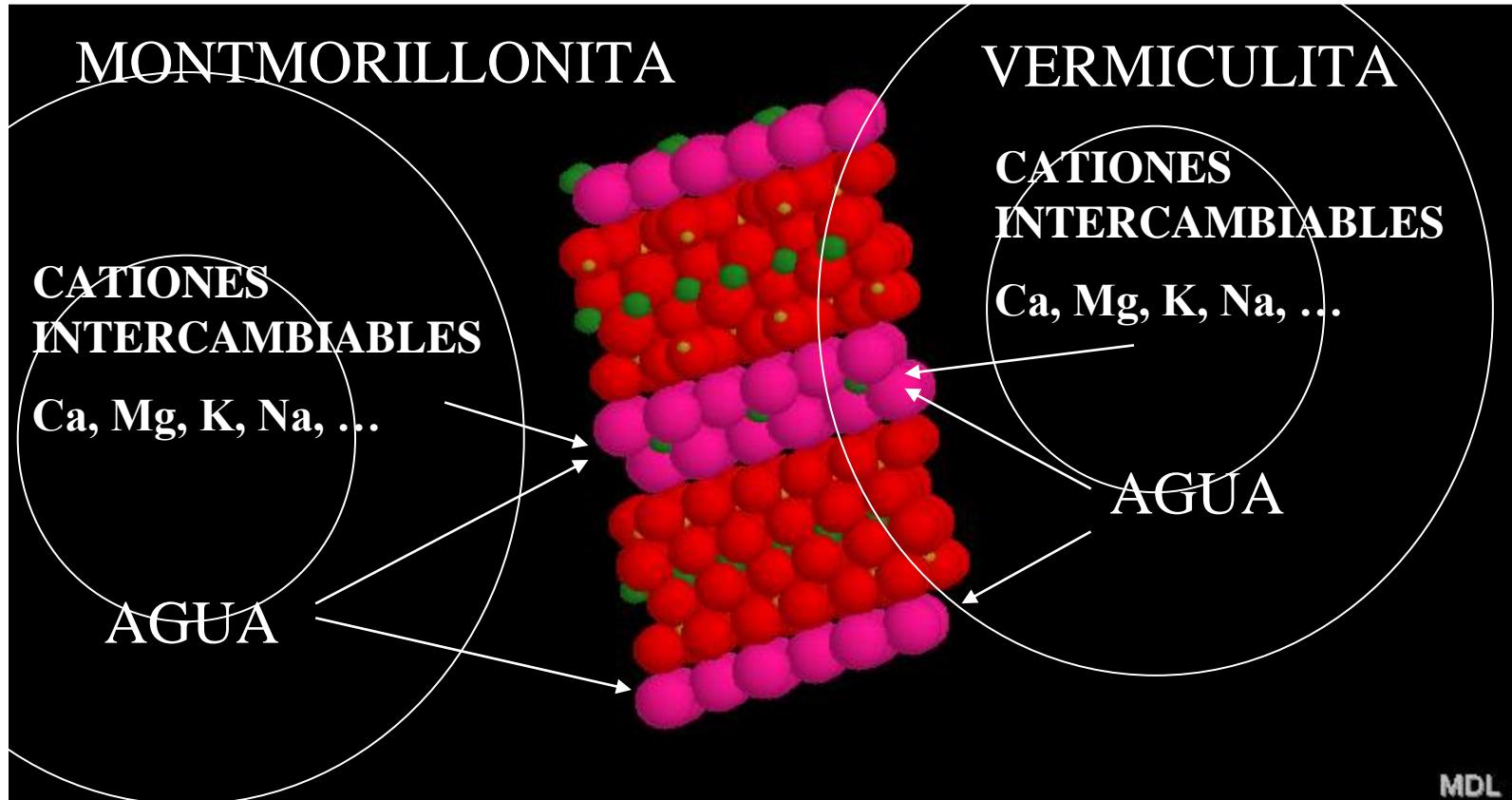
ARCILLAS TIPO 2:1 - VERMICULITA



- a) Las cargas se deben principalmente a **sustituciones isomórficas**.
- b) El exceso de cargas es compensado con iones hidratados.
- c) Se expanden o contraen de acuerdo al contenido de agua.



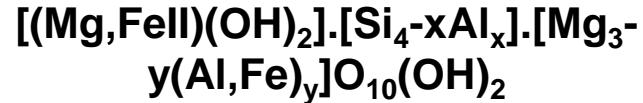
Cationes intercambiables hidratados



Montmorillonita: Espesor variable (10-18 amstrong) ($\text{Al}_{1.67}, \text{Mg}_{.33} \text{ Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2 n\text{H}_2\text{O}$)

Vermiculita: Espesor variable (10-14 amstrong) ($(\text{Mg},\text{Ca})_{0.7} (\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_{6.0} [(\text{Al},\text{Si})_{8}\text{O}_{20}] (\text{OH})_{4.8} \text{H}_2\text{O}$)

ARCILLAS TIPO 2:2 - CLORITA



- a) Las cargas se deben principalmente a **sustituciones isomórficas**.
- b) El exceso de cargas es compensado con una **capa intercalada de gibbsita o brucita**.
- c) NO se expanden o contraen y su CIC es similar a la de la ILLITA

2:2
2:1:1



Brucita: hidróxido de Mg
Gibbsita: hidróxido de Al

Los óxidos: Son minerales muy abundantes en rocas ígneas y metamórficas;

- **Oxidos ión:** O_2^{-2}
 - Hematita** (Fe_2O_3)
 - Magnetita** (Fe_2O_4)
 - Cuprita** (Cu_2O)
 - Corindón** Al_2O_3
 - Pirolusita**, MnO_2
- **Hidróxidos ión:** OH
 - Goethita** ($FeO(OH)$)
 - Brucita** ($Mg(OH)_2$)
 - Gibbsita** $Al(OH)_3$

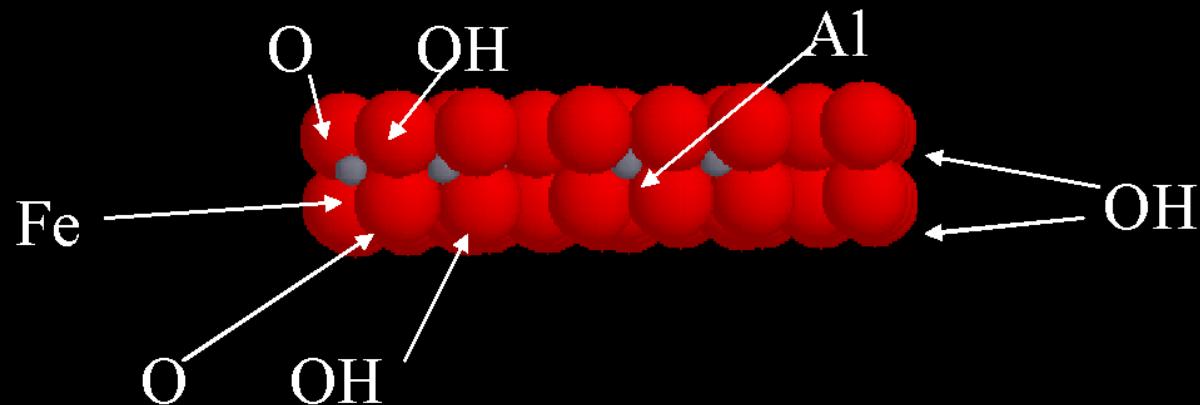
OXIDOS DE HIERRO Y ALUMINIO

GOETHITA

FeOOH

GIBBSITA

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



Los carbonatos: Son minerales cuya composición química corresponde a sales derivadas del ácido carbónico, H_2CO_3 .

- **Carbonatos ión:** CO_3^{2-}
Calcita (CaCO_3)
Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)

Los sulfuros Son sales derivadas del ácido sulfídrico, H_2S

- **Sulfuros ion:** S^{2-}
Pirita (FeS_2)
Galena (PbS)
Calcopirita: CuFeS_2

Los sulfatos: son sales que incluyen el radical SO_4^{2-}

- **Sulfatos ión:** SO_4^{2-}

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

Barita (BaSO_4)

Los fosfatos: son sales derivadas del ácido fosfórico, H_3PO_4

- **Fosfatos - Apatitos**

$\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_2\text{X}_2$ y el $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$, donde X= F, Cl, OH, $1/2\text{CO}_3$

- **Haluros iones:** Cl^- , F^- , Br^- , I^-

Halita (NaCl)

Fluorita (CaF_2)

¿Qué tipos de minerales ocurren en los suelos?

Pocos nutrientes - pH ácido - baja retención de humedad

Los minerales que predominan son: Cuarzo - Caolinita - Goethita (oxihidróxido de hierro)

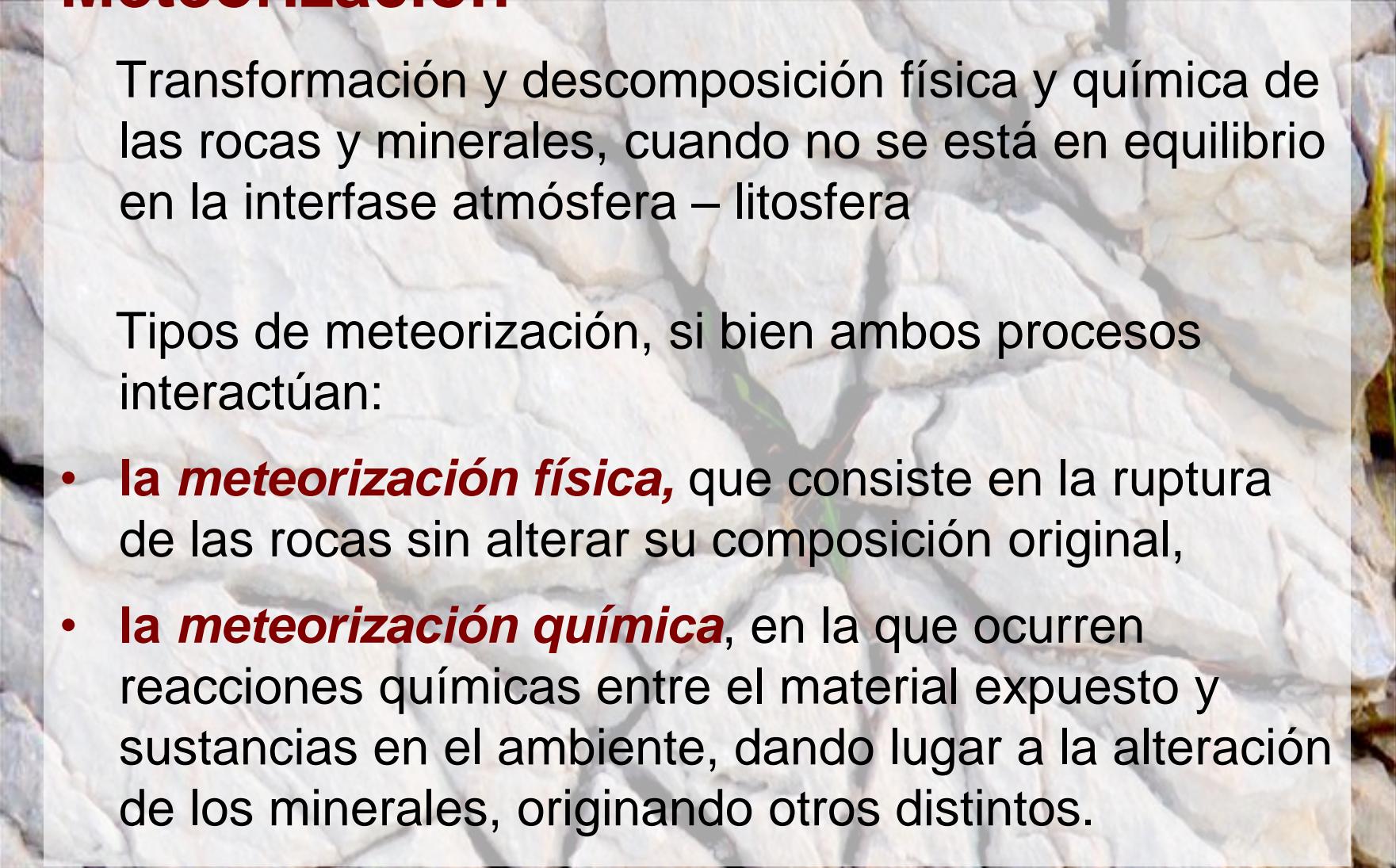


Buena cantidad de nutrientes - pH ligeramente ácido a neutro buena retención de humedad

Los minerales que dominan son mica, vermiculita, clorita, cuarzo

¿Cómo llegan los minerales a los suelos?

Meteorización

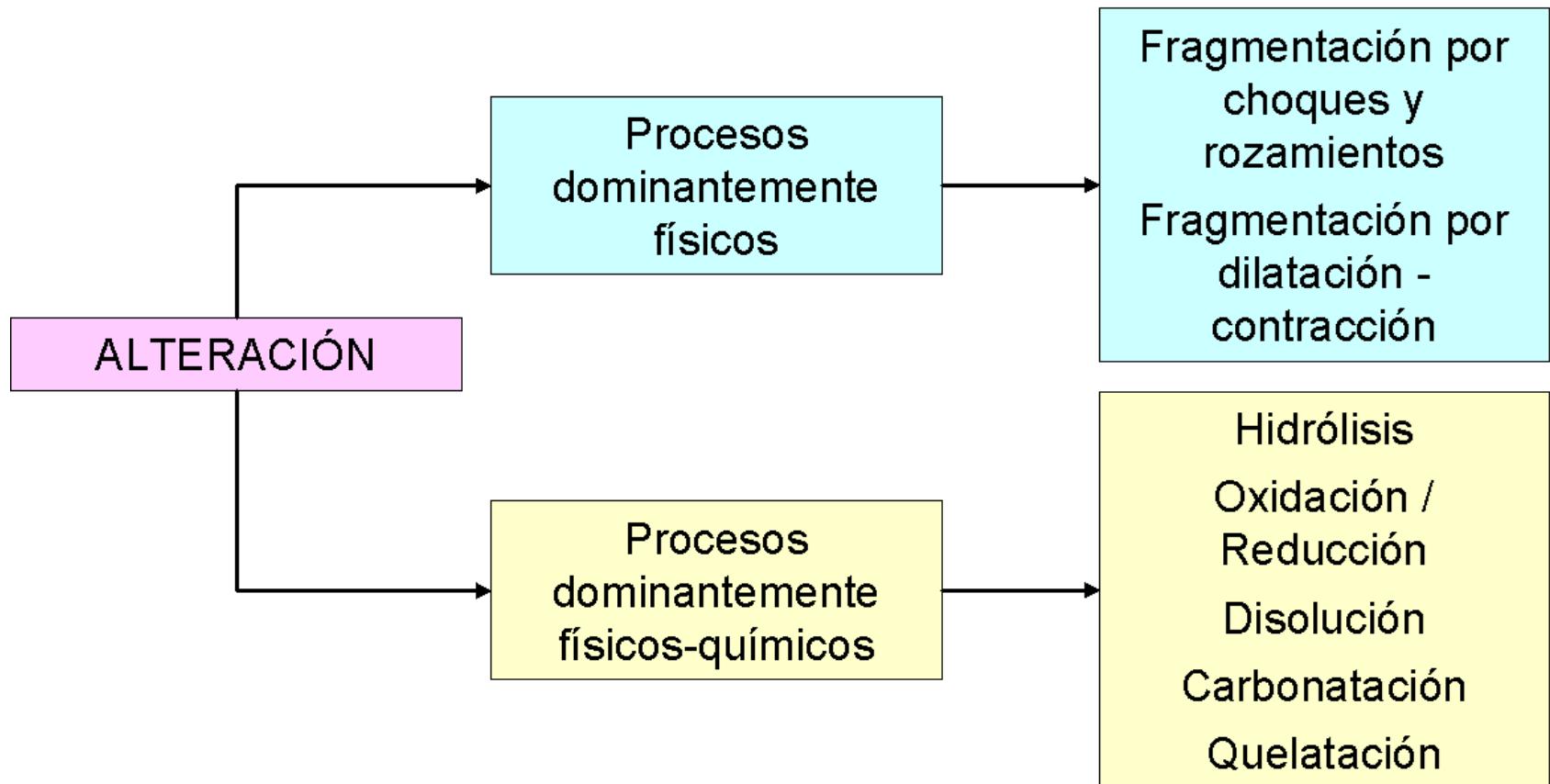


Transformación y descomposición física y química de las rocas y minerales, cuando no se está en equilibrio en la interfase atmósfera – litosfera

Tipos de meteorización, si bien ambos procesos interactúan:

- **la meteorización física**, que consiste en la ruptura de las rocas sin alterar su composición original,
- **la meteorización química**, en la que ocurren reacciones químicas entre el material expuesto y sustancias en el ambiente, dando lugar a la alteración de los minerales, originando otros distintos.

Meteorización o Alteración



ALTERACIÓN: Desintegración y descomposición física y química de las rocas y minerales, cuando no están en equilibrio bajo condiciones de T, P y humedad en la interfase atmósfera - litosfera.

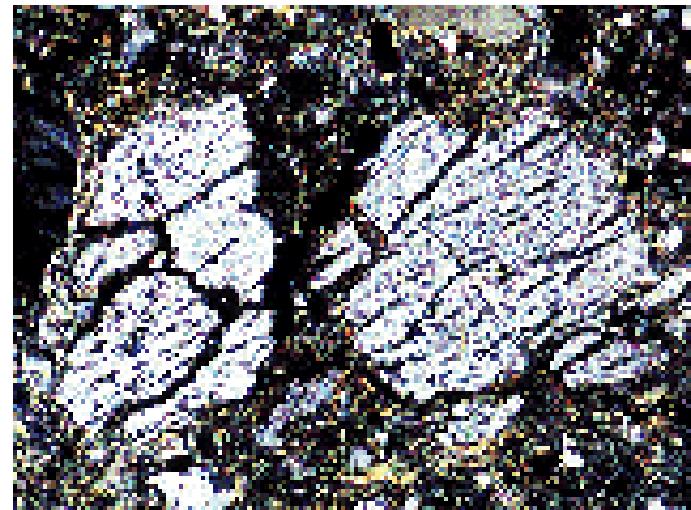
La meteorización física puede ocurrir por:

- **cambios bruscos de temperatura**, con la consiguiente dilatación (al subir la temperatura) y contracción (al bajar la misma) de los minerales que componen la roca en forma diferente, originando fragmentación de la roca.
- cuando ocurren **heladas**, el agua dentro de la roca aumenta su volumen al congelarse, originando fuerzas que pueden partir la roca.
- el **viento** puede arrastrar partículas y fragmentos más grandes contra la roca, desgastándola.
- las **plantas** con sus raíces también contribuyen a la meteorización física cuando con sus raíces penetran en las grietas y fisuras de las rocas y expanden las rocas produciendo su disgregación



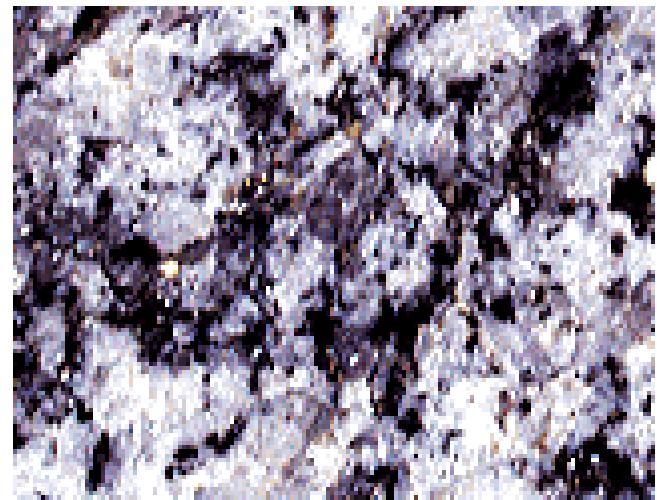
Fragmentación

La actuación del proceso de fragmentación o desagregación física del material original se puede poner de manifiesto directamente en el perfil del suelo, simplemente observando como en la base de los perfiles se presentan las rocas fragmentadas en numerosos bloques de diverso tamaño.



Insolación.

- La radiación solar calienta de un modo desigual a las rocas, y el material soporta intensas presiones debidas a la dilatación diferencial.
- Cada capa soporta una temperatura diferente (la superficie se calienta más que las capas interiores y además se enfriá más rápidamente con los cambios nocturnos)
- Cada mineral se calienta de distinta manera (dependiendo de su coeficiente de absorción; por ejemplo los minerales oscuros se calentarán en mayor medida que los de colores claros) y se dilata de manera diferente (en función de la temperatura alcanzada y de su coeficiente de dilatación). Todo ello crea fuertes presiones diferenciales.



Congelación.

El agua penetra en los poros y al congelarse aumenta de volumen y fragmenta a las rocas .



Efecto de descarga.

Las rocas se han formado normalmente bajo intensa presión, el material se encuentra comprimido y cuando afloran a la superficie, al perderse la presión, el material expande y se fractura.



Dilatación/contracción.

Los cambios de humedad producen cambios de volumen que fracturan las rocas.

Meteorización química

- En contacto con el aire, y sobre todo con el agua, los minerales de las rocas se alteran.
- Por otra parte, los organismos atacan a los minerales para extraer elementos nutrientes (K, Ca, Mg...) y transforman a los minerales.
- La alteración química del material original, se encuentra ampliamente desarrollada en los suelos y se puede poner de manifiesto simplemente comparando la mineralogía inicial de la roca frente a la mineralogía del suelo que se forma a partir de ella.

- **Solución.**

Afecta sólo a aquellos compuestos que son directamente solubles en agua.



halita

- **Hidrólisis.**

Reacción química de los H+ y OH- del agua que se intercambian con los cationes y aniones de los minerales llegando en los casos extremos a destruir por completo a los minerales.



- Oxidación/reducción.

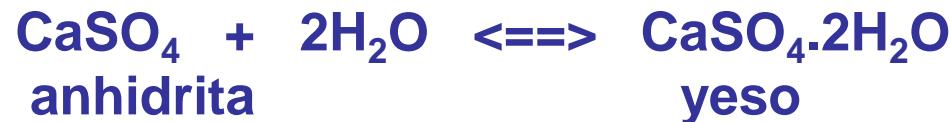
Alteración química de los materiales del suelo por pérdida o ganancia de electrones de sus iones constituyentes.

Normalmente los minerales se oxidan en el suelo. No obstante en los suelos saturados en agua la tendencia, por el contrario, es de reducción.



• Hidratación.

Las moléculas de agua son atraídas por los desequilibrios eléctricos quedando fijadas en los constituyentes edáficos.



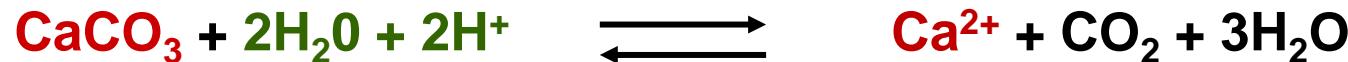
Alteración de los minerales

Minerales iniciales + agentes de alteración → minerales secundarios + iones en solución + restos de minerales iniciales



Ortoclasa

Caolinita



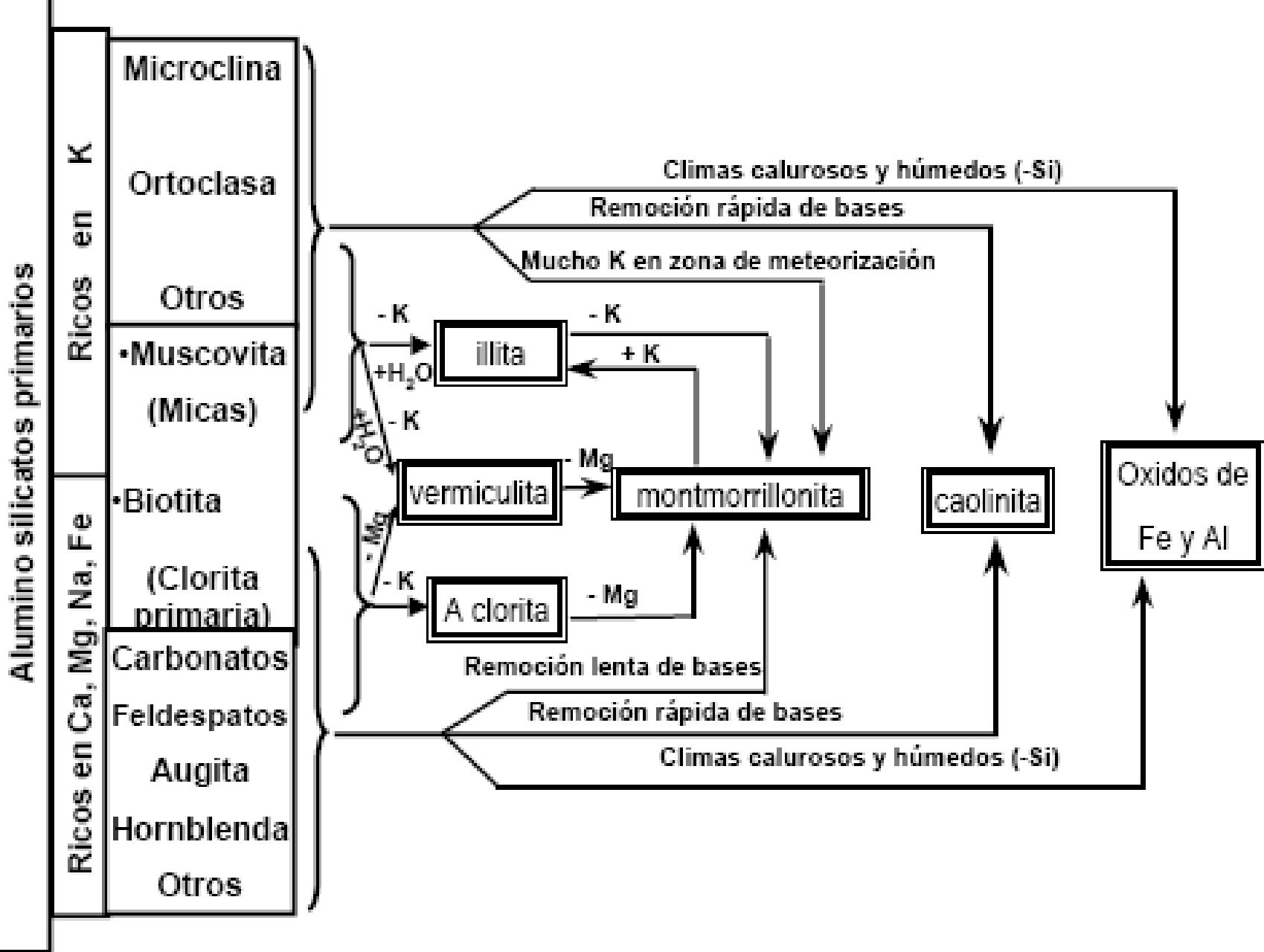
Calcita

En el caso concreto de la materia orgánica la alteración puede conducir al desarrollo de dos procesos distintos:

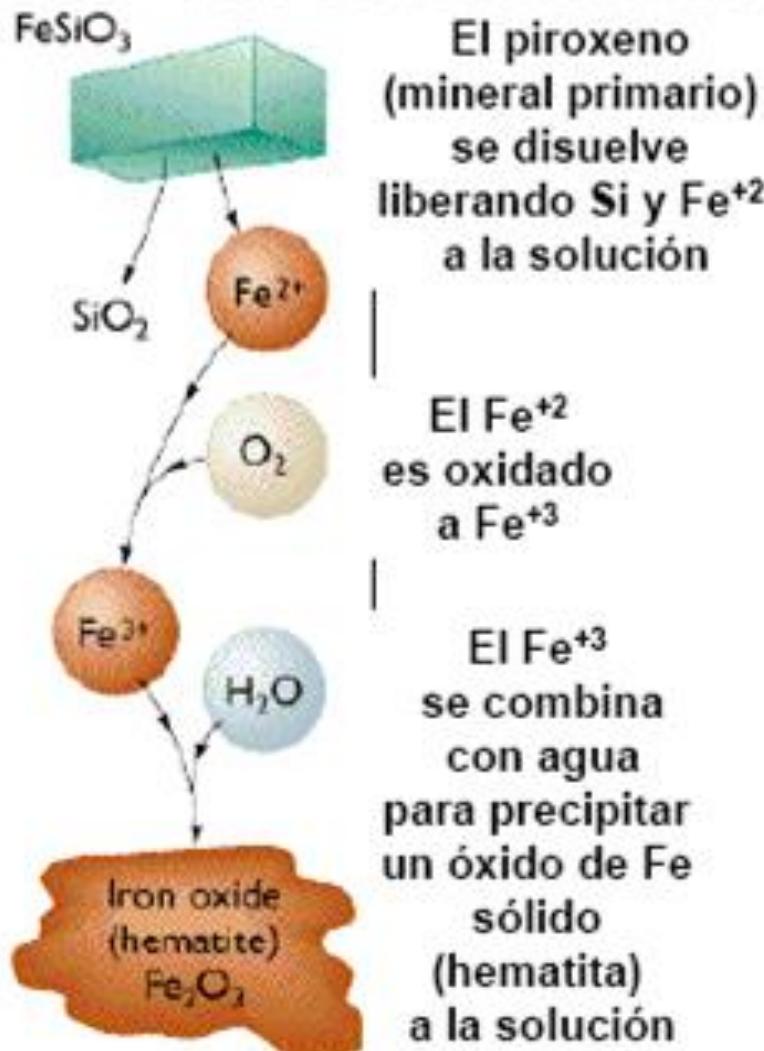
Humificación y Mineralización.

Ambas inicialmente tienen una misma vía de actuación, la transformación de los restos vegetales y animales al morir, pero desembocan en dos resultados completamente distintos.

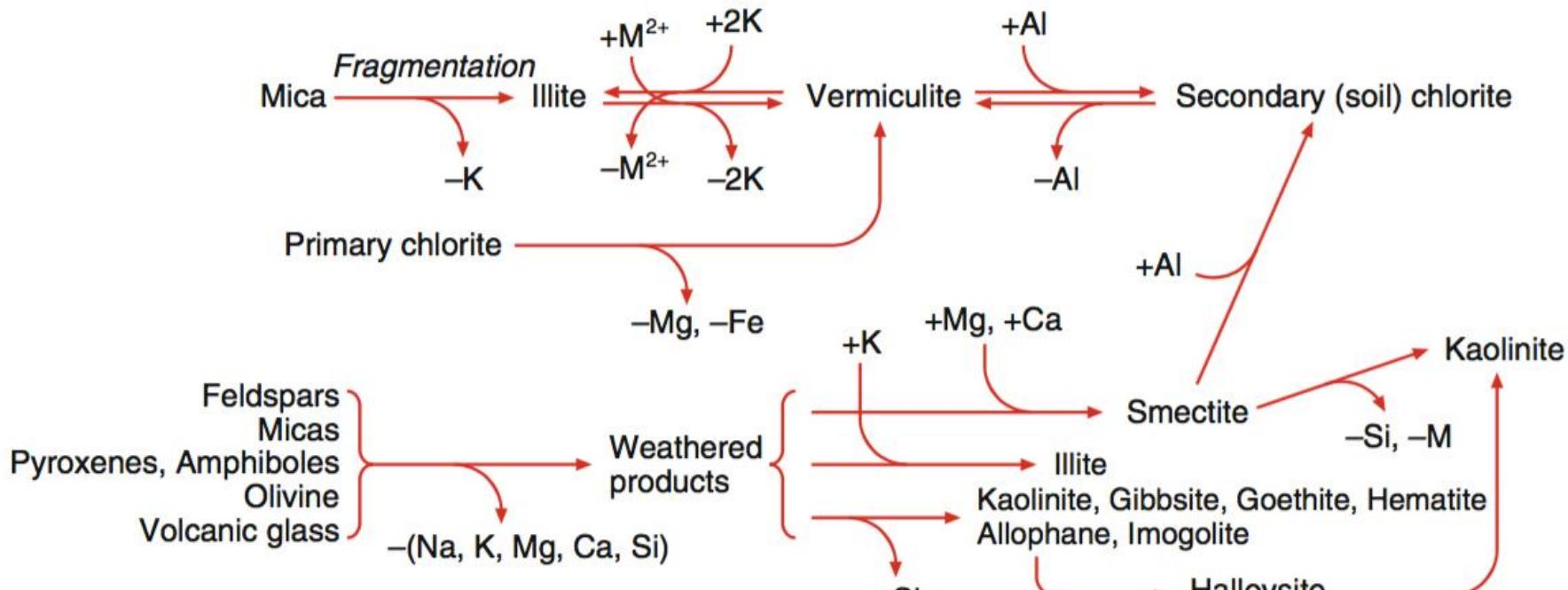
- La **humificación** engloba a una serie de procesos de alteración entre productos orgánicos, es decir que siempre se conserva la estructura orgánica. Por tanto la humificación conserva el material orgánico en el suelo, forma el humus.
- La **mineralización** conduce a la destrucción total de los restos orgánicos descomponiéndolos en sus productos inorgánicos sencillos (H_2O , CO_2 , NH_3 ...) eliminándose (realmente mineralizándose) gran parte de la materia orgánica del suelo.



Neoformación



Formación de minerales de la arcilla por meteorización de los minerales del material original



Scheffer/Schachtschabel Soil Science - Blume et al. Ed. Springer

Estabilidad de los Minerales

Primeros en Cristalizar

OLIVINO

(Alta T.)

PIROXENO

ANFIBOL

BIOTITA

Menor Estabilidad (*)

Ca-FELDESPATO

ANORTITA

ALBITA

Na-FELDESPATO

K-FELDESPATO

MUSCOVITA

Últimos en Cristalizar

(Baja T.)

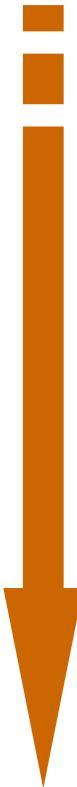
CUARZO

Mayor Estabilidad (*)



SUELO

Estabilidad



- Yeso, halita...
- Calcita, Apatito....
- Olivino, Piroxenos, Anfíboles,...
- Biotita, Glauconita....
- Feldespatos, cenizas volcánicas...
- Cuarzo, Cristobalita,...
- Vermiculita
- Montmorillonita
- Caolinita, Haloisita..
- Gibsita
- Hematita
- Circón

Factores que afectan la estabilidad de los minerales

Factores del mineral

- Composición
- Estructura
- Tamaño
- Exfoliación y fragilidad
- Inclusiones

Factores del suelo

- Temperatura del suelo
- Humedad
- Drenaje
- Acidez/ alcalinidad
- Potencial redox
- Factores bióticos

De qué depende el grado de estabilidad de los minerales silicatos?

- Grado de polimerización del tetraedro de sílice
cuarzo + polimerizado + estable
- Grado de sustitución de Si por Al en tetraedros
- Tamaño del cristal: +chico + estable
- Grado de basicidad: + cationes + inestables
- Presencia de Fe ferroso: es + pequeño que el férrico
al oxidarse el Fe^{+2} de un mineral silicatado se
descompone en Fe_2O_3 y Silice coloidal.
- De la temperatura de cristalización:
Olivino a 1890 °C. Cuarzo a 1540 °C

La alteración depende de la fracción

	Minerales de la fracción arena	Minerales de la fracción limo	Minerales de la fracción arcilla
Minerales primarios	Cuarzo ***** Feldespatos ** Micas ** Calcita *	Cuarzo *** Feldespatos * Micas *** Calcita *	Cuarzo ** Feldespatos * Micas ***** Calcita *
Minerales secundarios		Caolinita *** Montmorillonita ** Illita *** Vermiculita ** Calcita ** Goethita * Hematita *	Caolinita ***** Montmorillonita ***** Illita ***** Vermiculita ***** Calcita ** Goethita *** Hematita **

***** muy abundantes

* poco abundantes

La alteración depende de la fracción

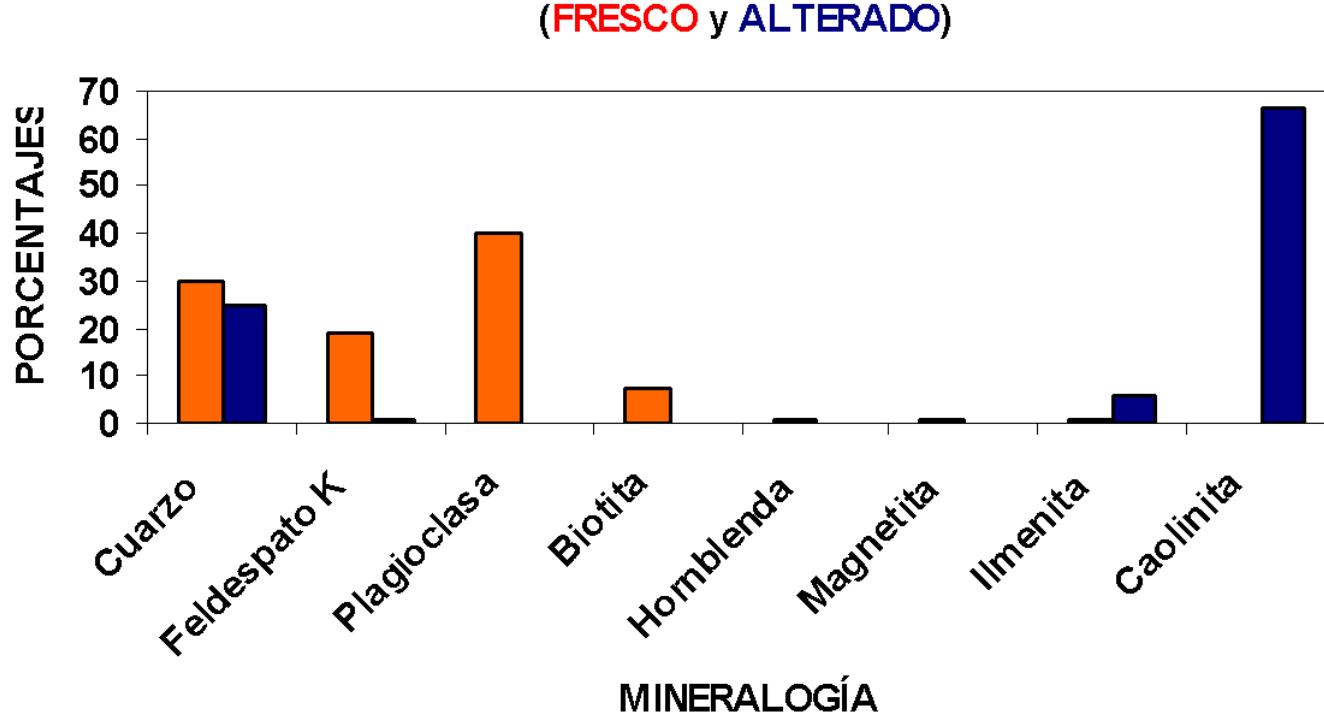
	Minerales de la fracción arena	Minerales de la fracción limo	Minerales de la fracción arcilla
Minerales primarios	Cuarzo ***** Feldespatos ** Micas ** Calcita *	Cuarzo *** Feldespatos * Micas *** Calcita *	Cuarzo ** Feldespatos * Micas ***** Calcita *
Minerales secundarios		Caolinita *** Montmorillonita ** Illita *** Vermiculita ** Calcita ** Goethita * Hematita *	Caolinita ***** Montmorillonita ***** Illita ***** Vermiculita ***** Calcita ** Goethita *** Hematita **

***** muy abundantes

* poco abundantes

Alteración de minerales

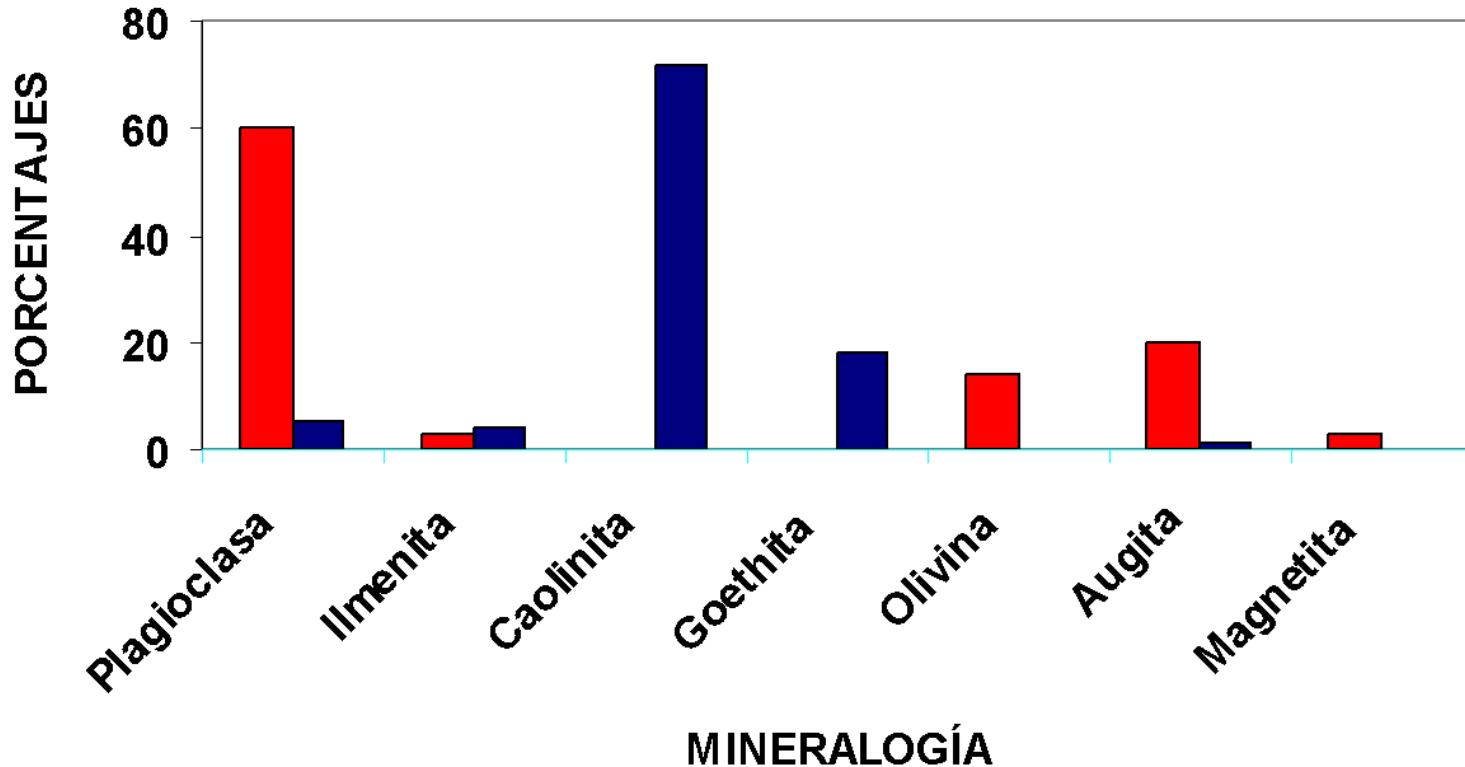
ejemplo: la roca Gneis de Morton



Alteracion de minerales

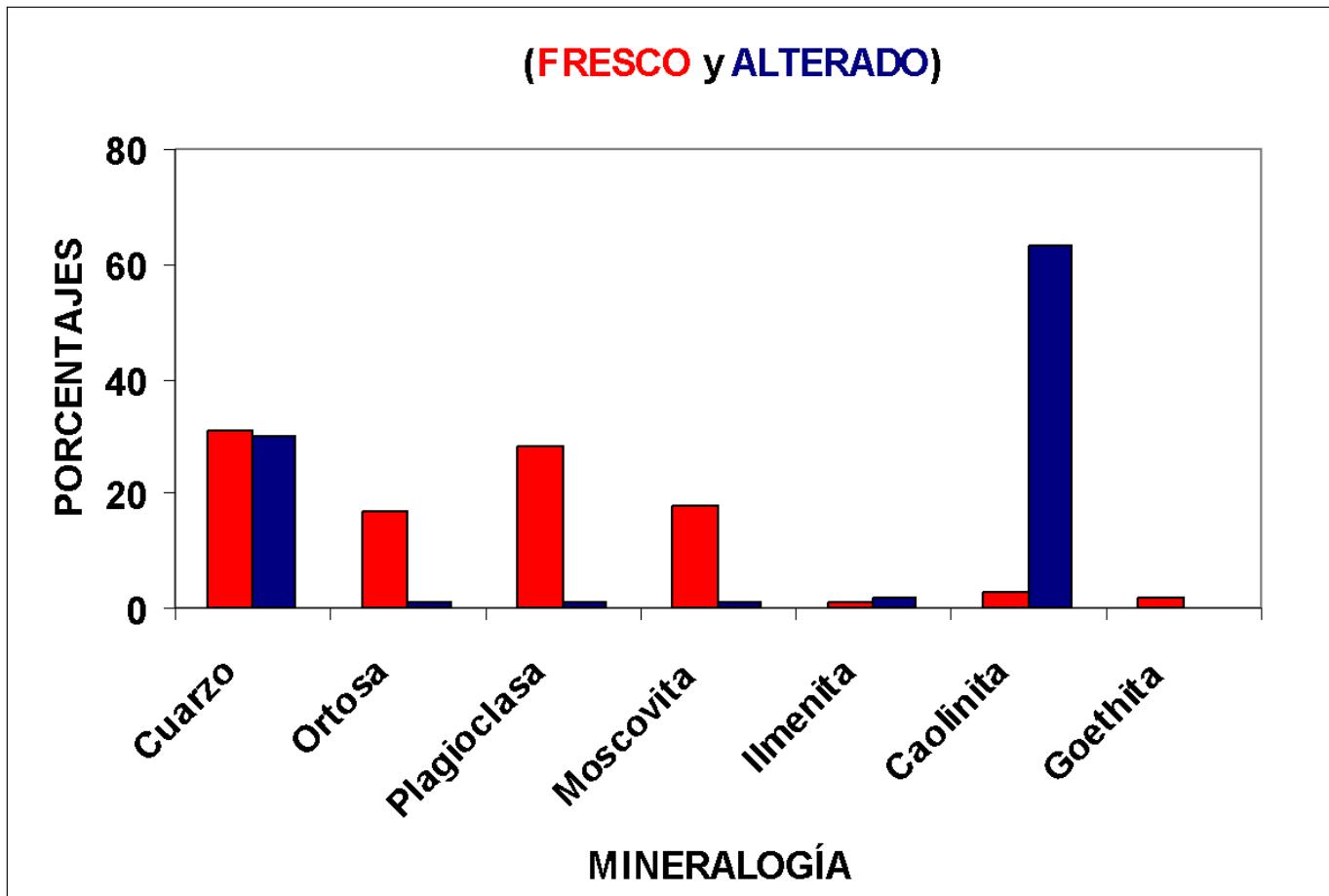
ejemplo: la roca Basalto

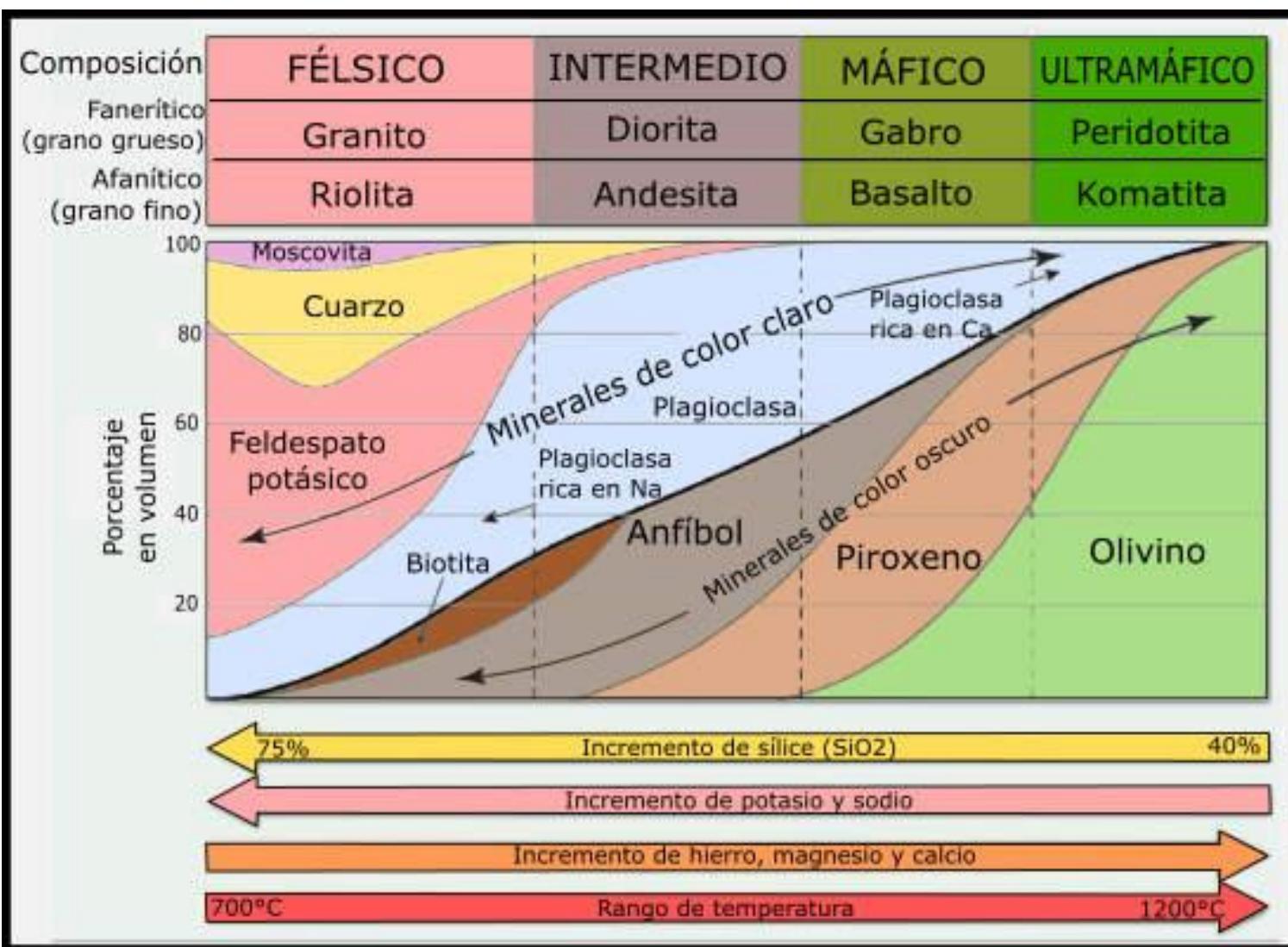
(FRESCO y ALTERADO)



Alteracion de minerales

ejemplo: la roca Granito



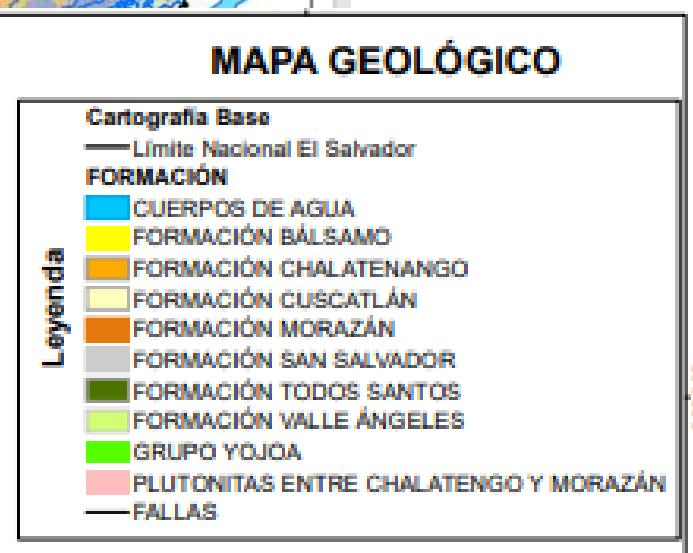
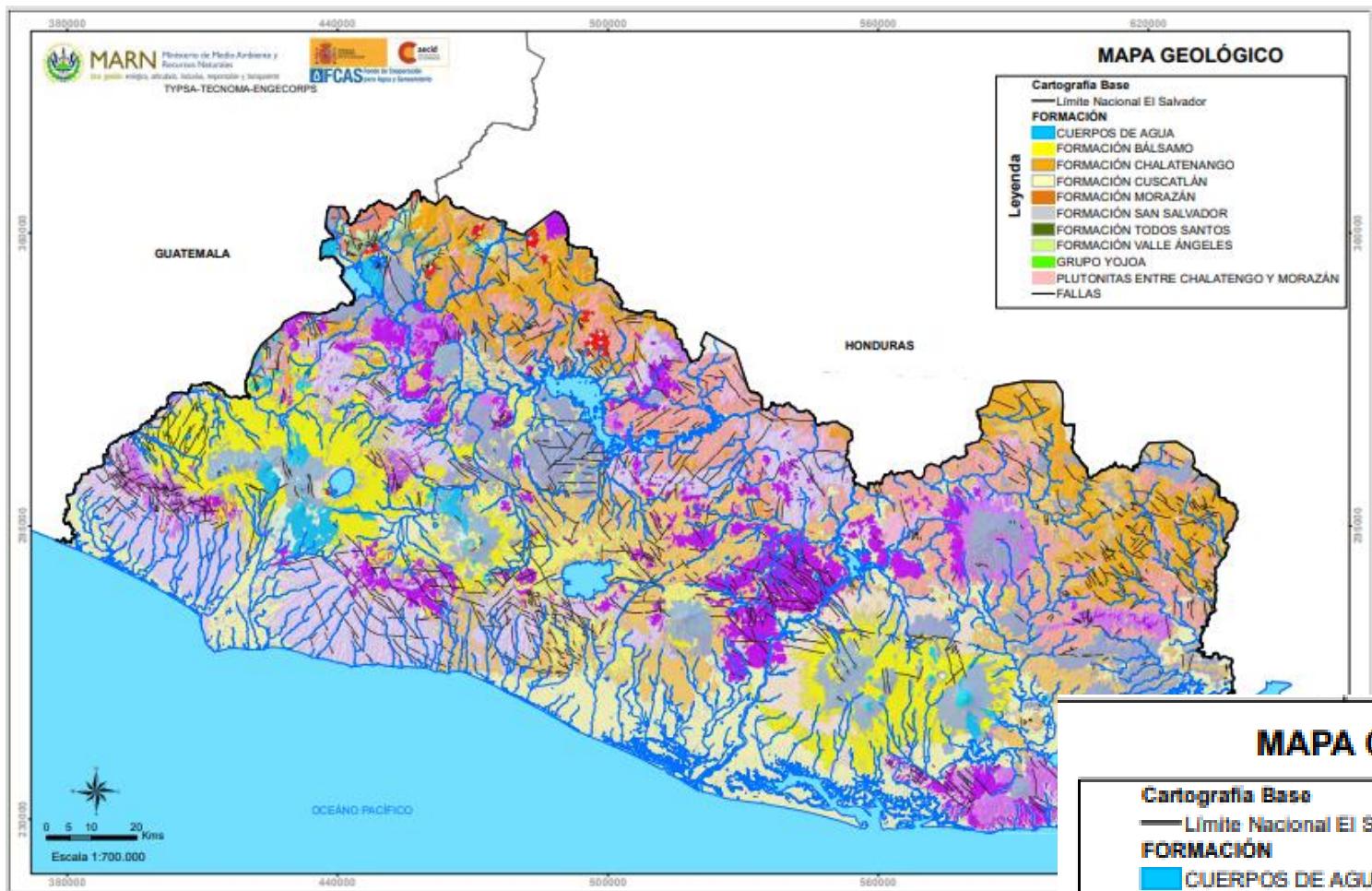


Apporte de nutrientes al suelo por parte de algunos minerales primarios.

(Adaptado de Mejía, 1980)

MINERAL	APORTE AL SUELO
Feldespatos	K, Na, Ca, Ar*
Anfíboles	Ca, Na, Mg, Fe
Piroxenos	Ca, Mg, Fe
Micas	K, Mg, Na, Fe, Ar
Óxidos de hierro	Fe, Ar
Olivino	Fe, Mg
Carbonatos	Ca, Mg
Sulfuros	S, Ca
Fosfatos	P, Ca

* El símbolo Ar se utiliza para indicar que los minerales producen también, normalmente, minerales de arcilla.



La Formación Bálamo
está constituida por productos de actividad volcánica andesíticos - flujos de lava, brechas volcánicas epiclásticas, conglomerados, areniscas, tobas de pómez esporádicamente retrabajadas

- Rocas: andesitas porfídicas finas a medianas y andesitas basálticas, también eventualmente hay presencia de basaltos

La Formación Cuscatlán
que caracteriza como una secuencia más joven o parcialmente fronteriza con los productos más jóvenes de la Formación Bálamo, dominados por productos de vulcanismo ácido en relación con caldera/domos extrusivos)

- Los miembros característicos son los depósitos de ignimbritas andesíticas y riolíticas, tobas y sedimentos volcánicos (epiclásticos)