

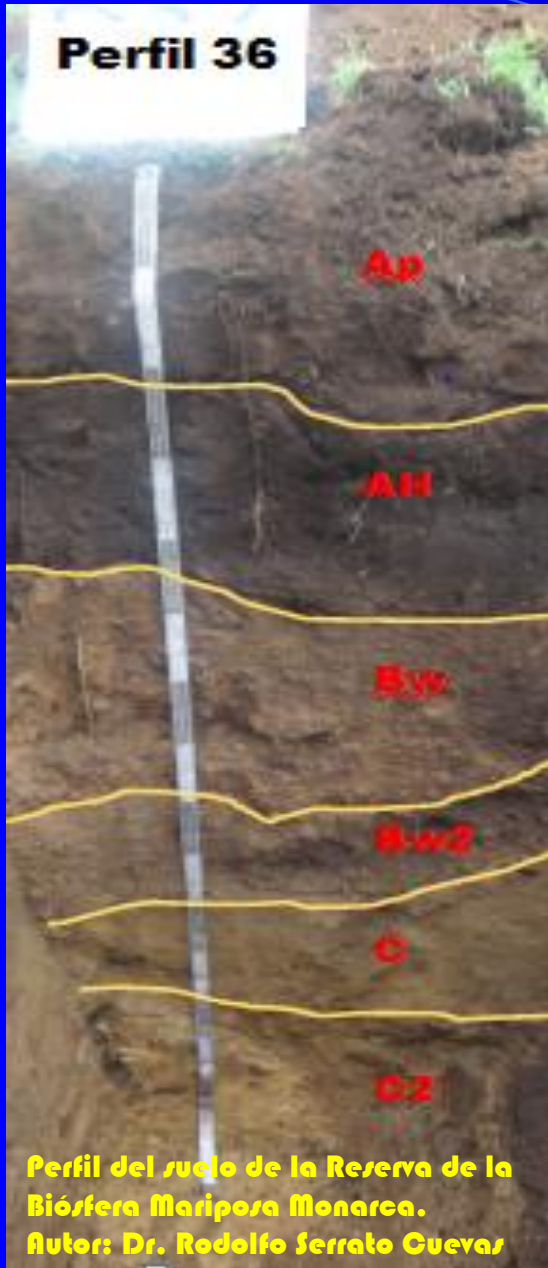


# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

# FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



# UNIDAD DE APRENDIZAJE EDAFOLOGÍA



PRESENTA:  
DR. RODOLFO SERRATO  
CUEVAS



# MINERALES CONSTITUTIVOS DEL SUELO

LA UNIDAD DE APRENDIZAJE DENOMINADA EDAFOLOGÍA, SE CURSA EN EL TERCER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA, DE ACUERDO AL MAPA CURRICULAR.

EL MATERIAL DIDÁCTICO PRESENTE APOYA AL CONOCIMIENTO EDAFOLÓGICO QUE DEBEN DE CONOCER LOS DISCENTES DE LOS MINERALES PRIMARIOS Y SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DEL SUELO, SUSTENTO DE LAS PLANTAS.

POR LO TANTO, LAS ROCAS ÍGNEAS, SUS MINERALES MÁS CARACTERÍSTICOS SON: CUARZO, FELDESPATOS, PIROXENOS, ANFIBOLES, MICAS, OLIVINO Y DISTINTOS ÓXIDOS, SOBRE TODO DE HIERRO.

CADA UNO TIENE UNAS IMPLICACIONES PARTICULARES PARA LA EVOLUCIÓN DEL SUELO, DESDE LAS FORMAS MÁS ESTABLES COMO EL CUARZO, A LAS FORMAS MÁS METEORIZABLES COMO PIROXENOS Y ANFIBÓLES, PUEDEN ESTAR PRESENTES, SU ANÁLISIS NOS PERMITE CONOCER, ENTRE OTRAS COSAS, EL GRADO DE DISPONIBILIDAD DE CIERTOS NUTRIENTES.

LOS MINERALES QUE CARACTERIZAN LAS ROCAS METAMÓRFICAS HAN SUFRIDO TRANSFORMACIÓN DURANTE EL PROCESO DE METAMORFISMO.

MUCHOS DE ELLOS SE ENCUENTRAN EN EL SUELO COMO CONSECUENCIA DE LA METEORIZACIÓN (ALTERACIÓN) DE LA ROCA, Y LOS MINERALES QUE APORTAN AL SUELO SON MUY CARACTERÍSTICOS: ANDALUCITA, ESTAUROLITA, GRANATE, WOLASTONITA, ETC.

TODOS SILICATOS, CON SI COMO ELEMENTO COMÚN Y DISTINTOS CATIONES EN SUS ESTRUCTURAS.

LOS MINERALES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS PUEDEN SER LOS MISMOS QUE LOS DE LAS OTRAS ROCAS, RECORDEMOS QUE ESTAS ROCAS SE FORMAN COMO PRODUCTO DE LA ACUMULACIÓN Y POSTERIOR DIAGÉNESIS, DE MATERIALES PROCEDENTES DE LA METEORIZACIÓN LITOLÓGICA.

TAMBIÉN SU ORIGEN LO PODEMOS ENCONTRAR EN LOS DEPÓSITOS DE MATERIALES COLUVIALES Y ALUVIALES, O COMO PRODUCTOS PRECIPITADOS, PROCEDENTES DE AGUAS SALADAS.

FELDESPATOS, ILLITA, ESMÉCTICA, CALCITA, ARAGONITO,  
DOLOMITA, YESO, HALITA, TENARDITA, SON ALGUNOS DE LOS  
MÁS ABUNDANTES

# MINERALES PRIMARIOS



Tomados de: <http://4.bp.blogspot.com/-6YC93xo-Wkc/Ua46Mmcgq0I/AAAAAAAAAg4/demMjPompps/s1600/cuarzo+con+rutilo+y+hematites.jpg>



**Minerales primarios son aquellos que originalmente formaron parte de una roca ígnea o metamórfica y no experimentaron alteración química después de su génesis, formados a temperaturas elevadas.**

**Su proporción en el suelo varía de acuerdo al contenido original en el material parental, resistencia a la meteorización, intensidad de la meteorización, acción de agentes bióticos y otros.**

**Los minerales primarios constituyen gran parte de las fracciones gruesas del suelo (arena y limo).**

## **MINERALES PRIMARIOS**

**La suma de los contenidos de arena y limo en un suelo determina su contenido de materiales o minerales primarios.**

**Sin embargo minerales primarios pueden también encontrarse en la fracción arcilla gruesa (partículas entre 2, 0 y 0.2  $\mu$  de diámetro), especialmente en suelos poco meteorizados.**

**En el ámbito mundial los principales minerales primarios del suelo son el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) y los feldespato ( $\text{XAlSi}_3\text{O}_8$ ) siendo "X" el cation básico.**

**Estos minerales son los dominantes en las rocas que constituyen la corteza terrestre.**

**Otros minerales, como el olivino, anfíboles y piroxenos, se encuentran en mucho menor proporción y se consideran como minerales accesorios.**

**Puesto que la persistencia es también una función del tamaño, o sea, de la superficie específica, su contenido será mayor en las fracciones gruesas que en la arcilla.**

**Por efecto de la meteorización se acumulan los minerales de mayor resistencia, cuarzo, óxidos de hierro, aluminio y titanio.**

# SILICATOS

```
graph TD; A[SILICATOS] --- B[Los silicatos constituyen los minerales más importantes de los minerales parentales del suelo.]; A --- C[Alrededor del 95% de la corteza terrestre y casi un 80% de los minerales de las rocas ígneas y metamórficas están constituidos por silicatos.]; A --- D[Los feldespato sólo constituyen un 60%.]; A --- E[Su proporción en las rocas sedimentarias es considerablemente inferior.];
```

**Los silicatos constituyen los minerales más importantes de los minerales parentales del suelo.**

**Alrededor del 95% de la corteza terrestre y casi un 80% de los minerales de las rocas ígneas y metamórficas están constituidos por silicatos.**

**Los feldespato sólo constituyen un 60%.**

**Su proporción en las rocas sedimentarias es considerablemente inferior.**

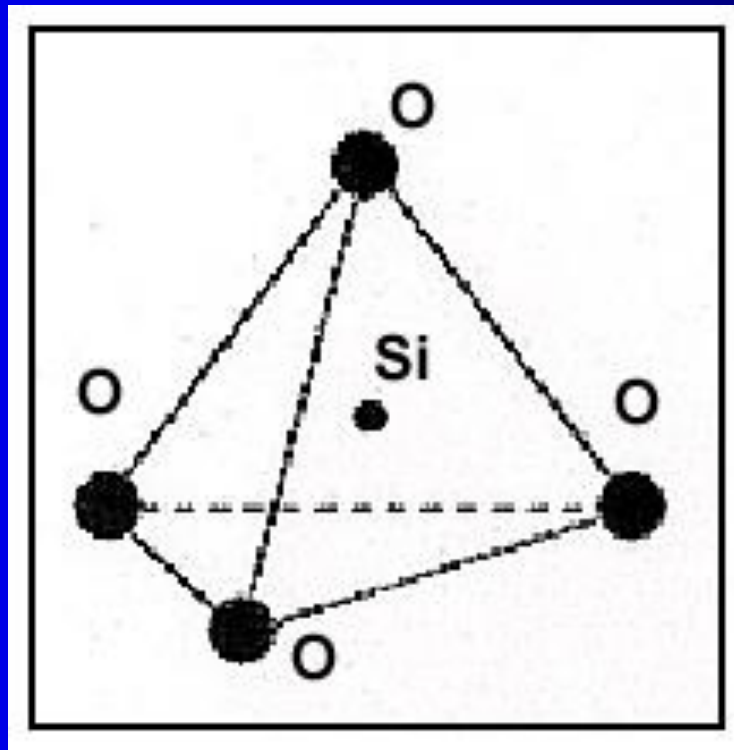
**Los silicatos originados en las condiciones de formación de las rocas metamórficas tienen estructuras menos densas e incluyen generalmente en su estructura redes con grupos hidróxidos o agua, por ejemplo, la serpentina, el talco**

**En las acciones sedimentarias, los procesos erosivos destruyen gran parte de los silicatos primarios de las rocas, originándose minerales diferentes, de neoformación, con estructuras de capas, a menudo con elevado contenido de agua de constitución y absorción**

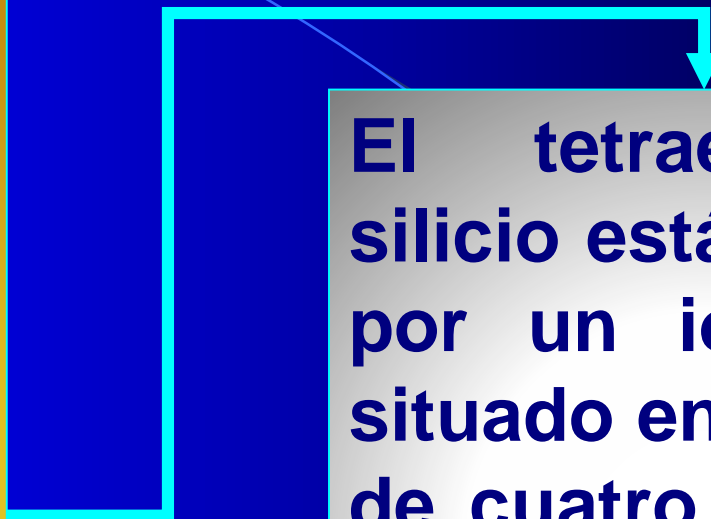
**Entre ellos se incluyen los minerales de la arcilla.**

**Los silicatos primarios pueden separarse en cristalinos y no cristalinos o vidrios**

# UNIDAD ESTRUCTURAL



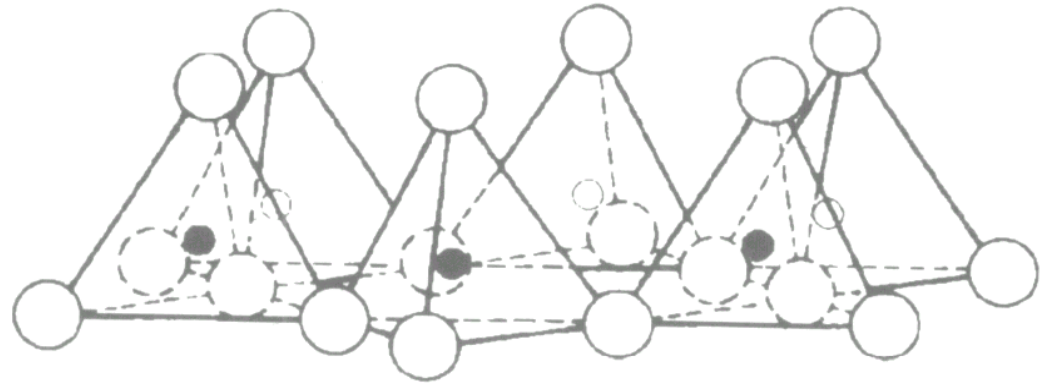
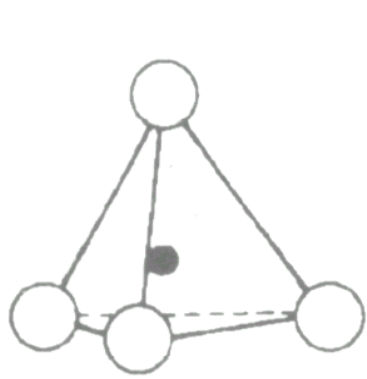
La unidad o motivo fundamental en la estructura de los silicatos es el grupo tetraédrico  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  y las propiedades cristaloquímicas provienen de las características de esta unidad, así como los tipos de unión que induce.



El tetraedro de silicio está formado por un ion silicio situado en el centro de cuatro oxígenos dispuestos simétricamente en la dirección de las valencias del silicio.

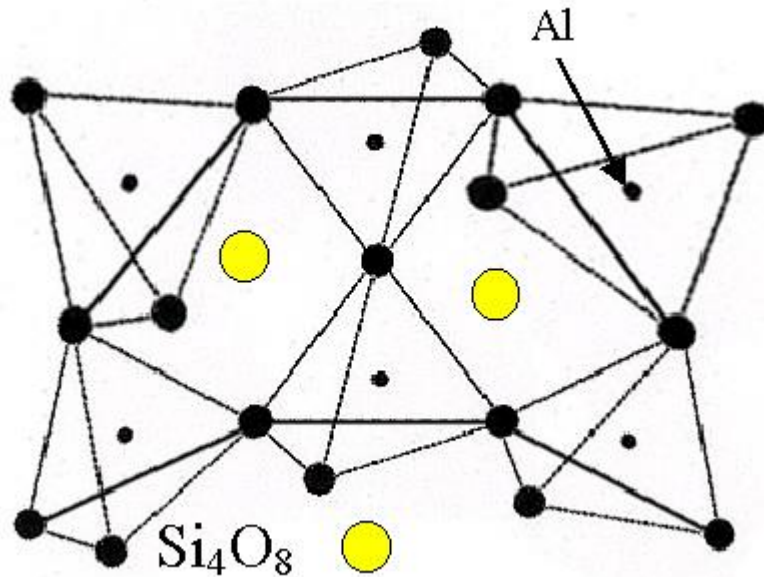
**La unión de estos elementos es de naturaleza covalente - iónica, con predominio del carácter covalente, siendo la distancia entre los oxígenos de 2,6 Å y entre oxígenos y el silicio de 1,62 Å.**

**Uno o más de los  $O^{2-}$  del tetraedro pueden ser compartidos por otro tetraedro y así existen diferentes tipos de estructuras según las uniones tetraédricas.**



○ y ( ) Oxígeno      ○ y ● Silicio

**Unidad o motivo fundamental en la estructura de los silicatos**



Tomado de:  
<http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECA/ImL427.J>  
PG

# CLASIFICACION DE LOS SILICATOS CRISTALINOS

**Según la disposición de los grupos  $\text{SiO}_4$  en las estructuras, se distinguen seis grupos fundamentales, que son los mismos establecidos por Bragg y Strunz**

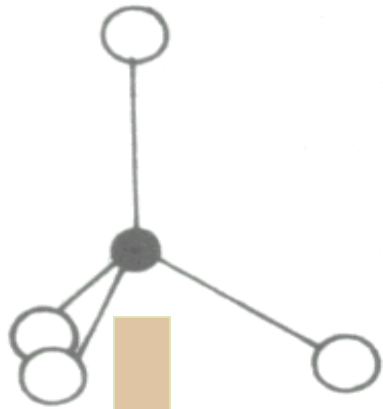
# **NESOLSILICATOS. Gr.**

**Nesos = islas**



**Constituidos por tetraedros independientes de  $\text{SiO}_4^{4-}$ , no comparten vértices u oxígenos con tetraédros adyacentes, siendo la unión entre ellos a través de cationes divalentes, ejemplos, olivino, gránate y zircón.**

## La unidad estructural básica es:



Tetraedro de  
silicio-oxígeno  
 $(\text{SiO}_4)^{4-}$



Átomos de oxígeno en  
agrupamiento compacto.  
Mostrando la cavidad  
tetraédrica

Su fórmula y valencia es la siguiente:

La unidad  $\text{SiO}_4$  puede considerarse como una unidad aniónica con carga  $-4$ .

$$\begin{array}{r} 1 \text{ Si} = +4 \\ 4 \text{ O} = -8 \\ \hline \text{SiO}_4 = -4 \end{array}$$

Son los silicatos de más baja relación Si/O, igual a 0,25, determinada por la existencia de tetraedros aislados  $\text{SiO}_4$ , enlazados lateralmente por diferentes cationes según la especie.

El motivo estructural puede formarse entonces como  $(\text{SiO}_4)^{4-}$ .

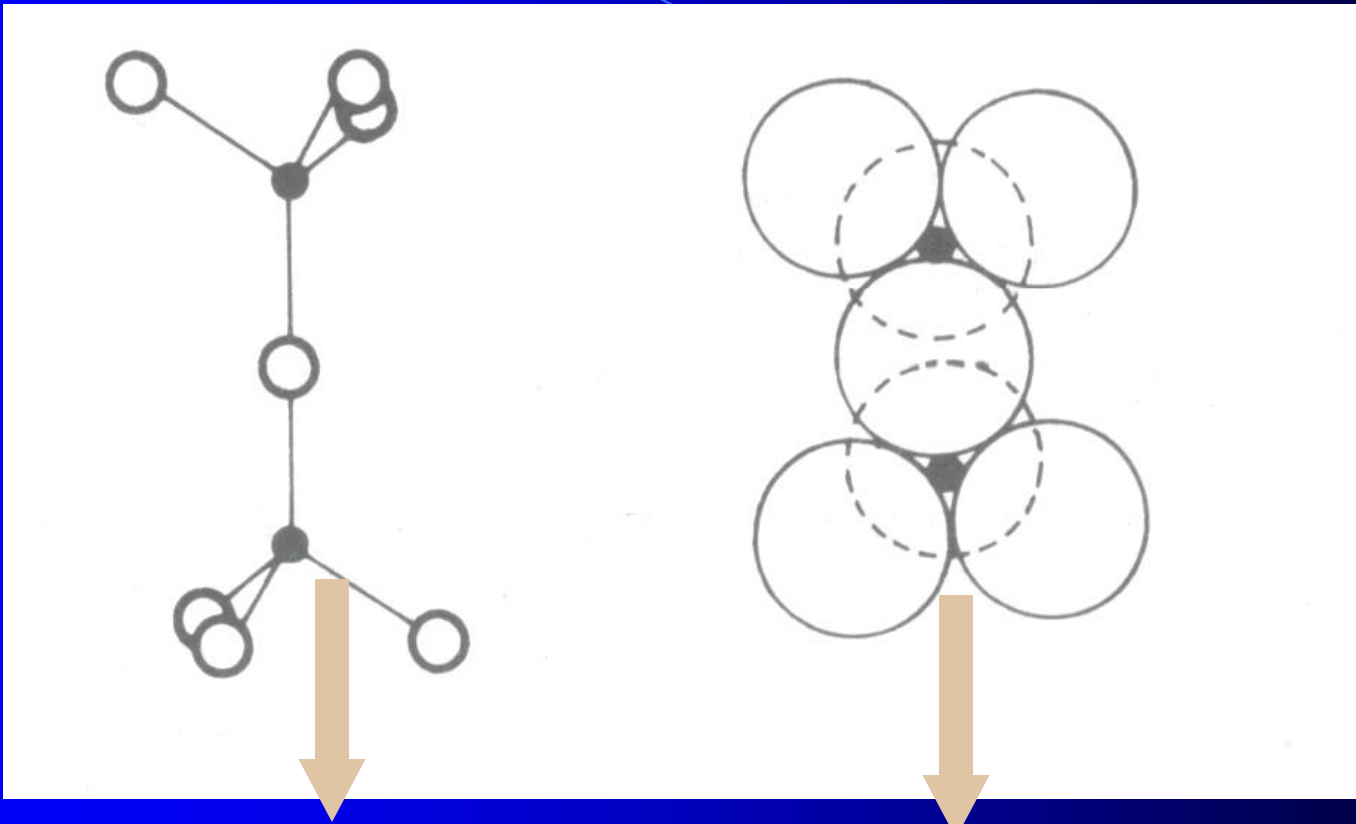
## **SOROSILICATOS**

**Gr. SORO =  
grupo**

**Dos tetraedros comparten un átomo de oxígeno, formándose grupos  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$  con una estructura de tetraedros dobles.**

**Un ejemplo lo constituye la akermanita,  $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$  en la que cada tetraedro tiene tres oxígenos activos y uno inerte.**

## La unidad estructural básica es:



Dos tetraedros  
unidos por un  
Vértice forman la  
unidad  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$

Átomos de oxígeno  
unidos en  
empaquetamiento  
compacto

La estructura de los sorosilicatos consiste en una polimerización de dos tetraedros de sílice con una unión única Si – O – Si, de modo que se forman dos grupos de composición  $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$ .

La formulación y la valencia de este grupo es la siguiente:

$$2 \text{ Si} = +8$$

$$7 \text{ O} = -14$$

---

$$\text{Si}_2\text{O}_7 = -6$$

Los tetraedros se unen entre sí compartiendo algunos oxígenos, formando pequeños grupos abiertos de dos tetraedros, los que son enlazados entre sí mediante diversos cationes.

**Muchos sorosilicatos  
presentan además de  
los grupos de dos  
tetraedros simples,  
como los  
nesosilicatos**

**La relación Si/O es  
mayor que en los  
nesosilicatos, igual a  
0,285**

# CICLOSILICATOS

Son silicatos con estructura de anillo cerrado, uniéndose tres, cuatro o seis tetraedros para formar los grupos  $(\text{Si}_3\text{O}_9)^{6-}$ ,  $(\text{Si}_4\text{O}_{12})^{8-}$  y  $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$ , benitoita, axinita, turmalina.

En este grupo, que a veces se asimila a los sorosilicatos, dos oxígenos de cada tetraedro son activos y dos son inertes.

Tienen dureza y peso específico elevado, típicos ciclosilicatos son: benitoita, berilio, turmalina y dioptrisa.

## CICLOSILICATOS

```
graph TD; A[CICLOSILICATOS] --> B[Los anillos así formados mantienen un déficit de cargas positivas, que son compensadas por diferentes cationes, los cuales enlazan los anillo entre sí.]; A --> C[La relación Si/O de los ciclosilicatos de 6 tetraedros es 0,333.]; A --> D[Hay dos grupos importantes de los ciclosilicatos: 1. Grupo de la turmalina. 2. Grupo del berilio.];
```

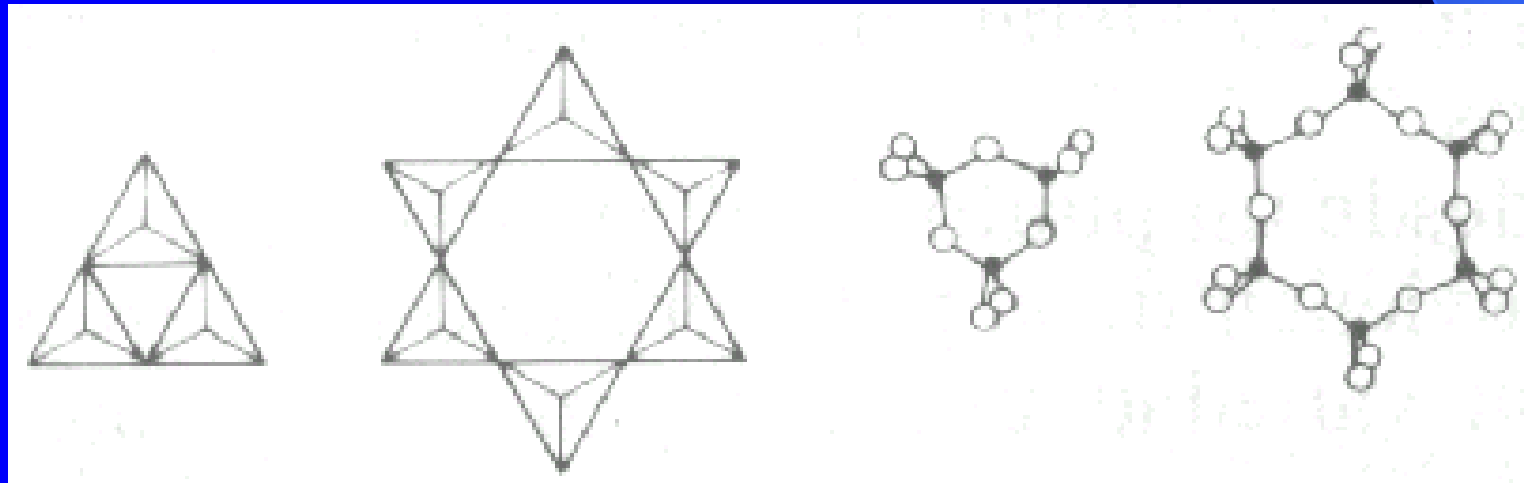
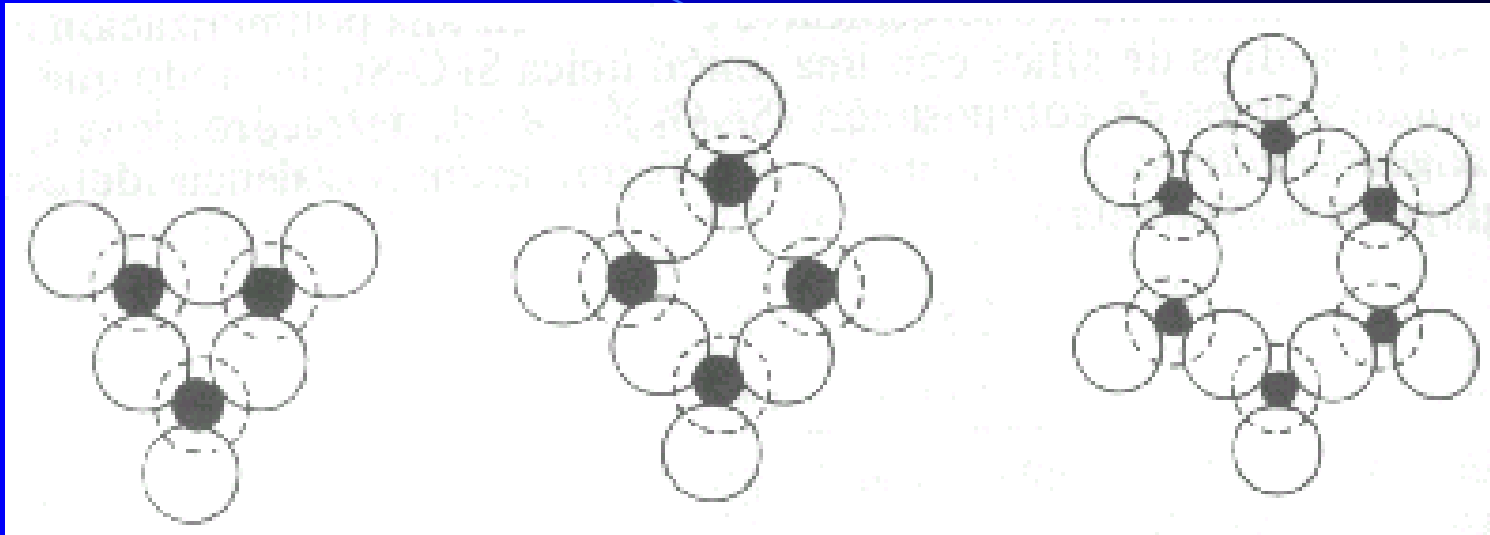
Los anillos así formados mantienen un déficit de cargas positivas, que son compensadas por diferentes cationes, los cuales enlazan los anillo entre sí.

La relación Si/O de los ciclosilicatos de 6 tetraedros es 0,333.

Hay dos grupos importantes de los ciclosilicatos:

1. Grupo de la turmalina.
2. Grupo del berilio.

El esquema de la estructura de los ciclosilicatos es:



**INOSILICATOS**  
Gr. Inois =  
cadena.

En este grupo, los tetraedros de Si = 4 se unen entre sí en forma de cadenas simples o dobles.

En las cadenas simples, dos oxígenos del tetraedro se unen lateralmente a otros tetraedros para formar la cadena; son oxígenos inertes, en tanto que los restantes son activos.

Las cadenas dobles se forman por unión de dos cadenas simples.

Las cadenas simples y dobles son características de los piroxenos y anfíboles siendo su formulación  $(\text{SiO}_3)_n^{2-}$  y  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})_n^{6-}$  respectivamente

**INOSILICATOS. Gr. Inois = cadena.**

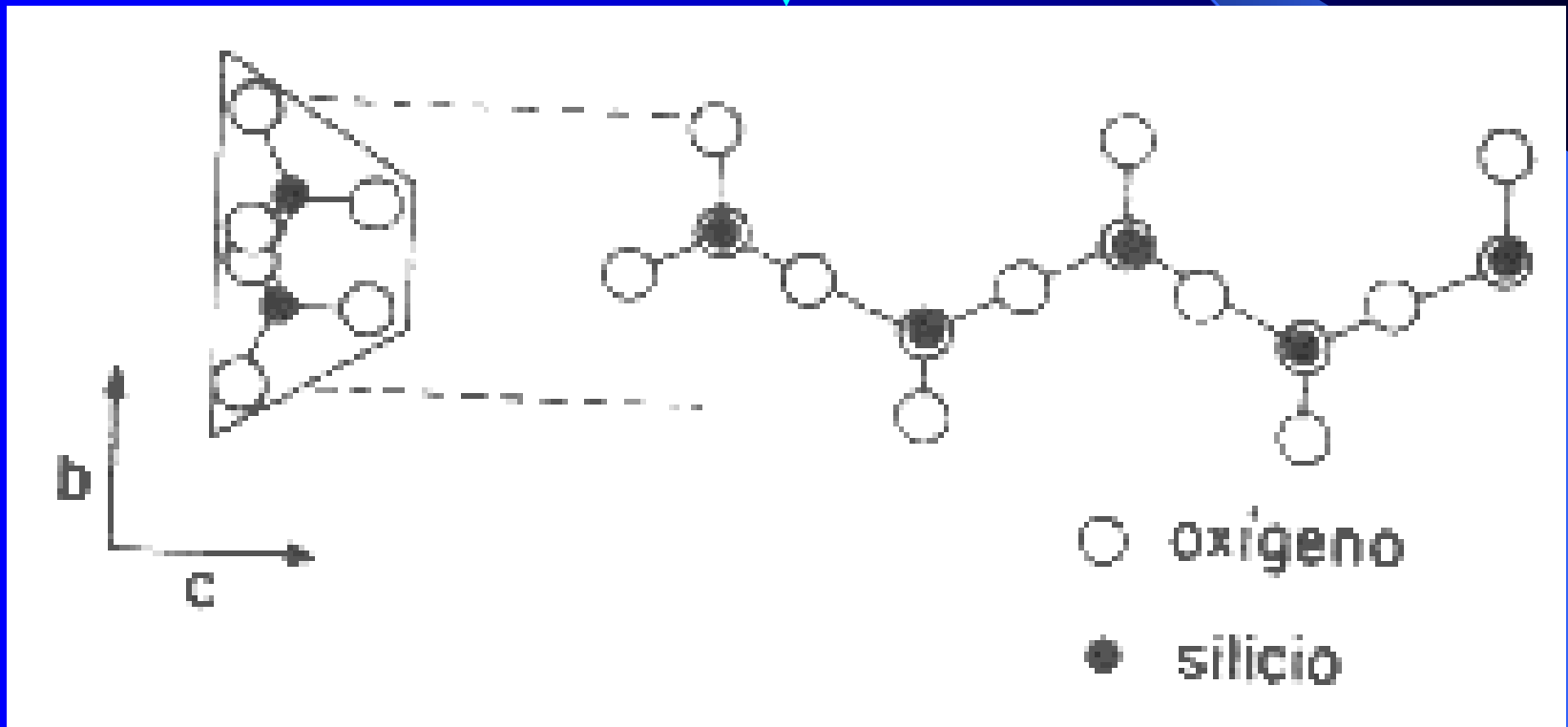
Los inosilicatos constituyen un grupo muy importante ya que incluye los piroxenos y anfíboles, componentes oscuros predominantes en las rocas ígneas.

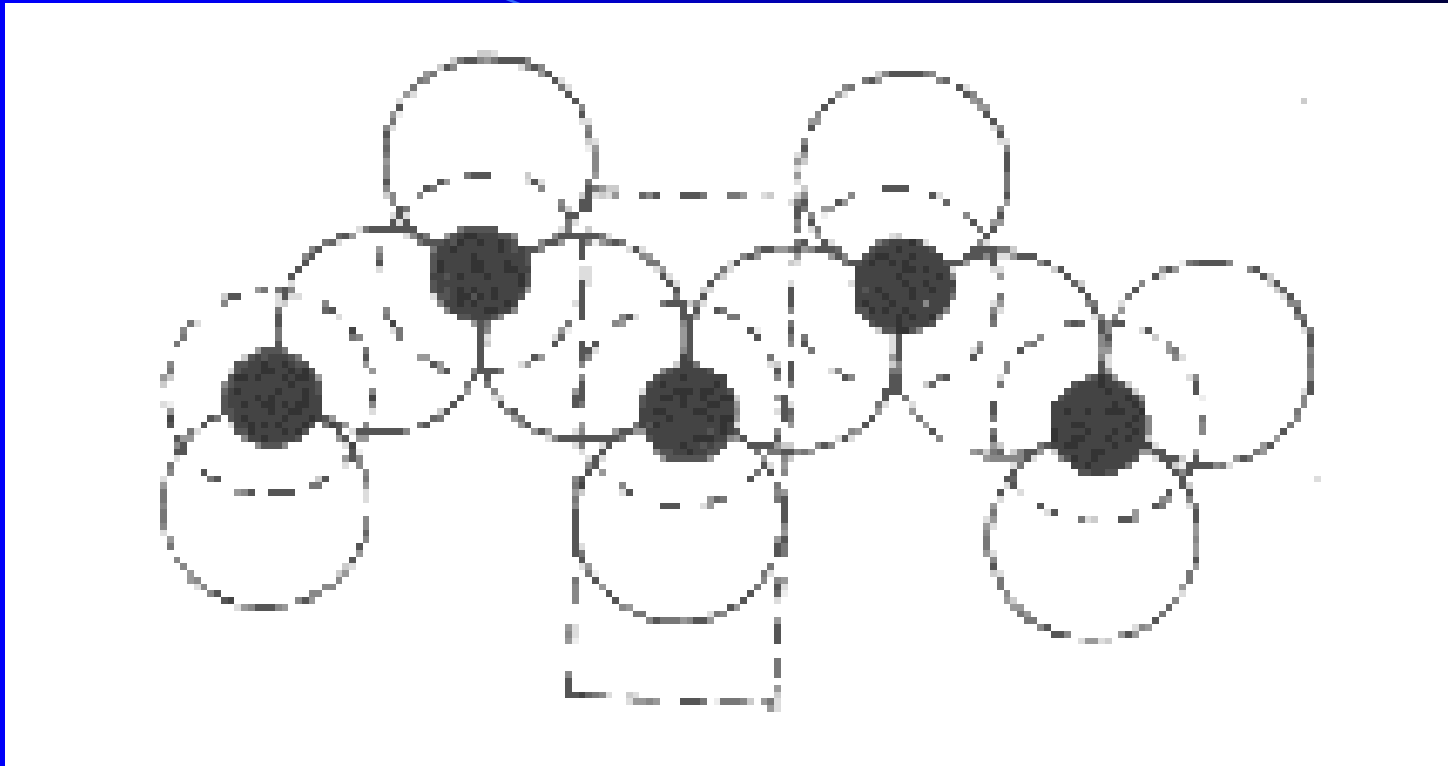
Las cadenas se orientan en forma paralela al eje c, uniéndose entre ellas mediante cationes.

Estructura de los piroxenos.

Cadena piroxénica mostrando la celda unitaria  $(\text{SiO}_3)_n^{2-}$ .

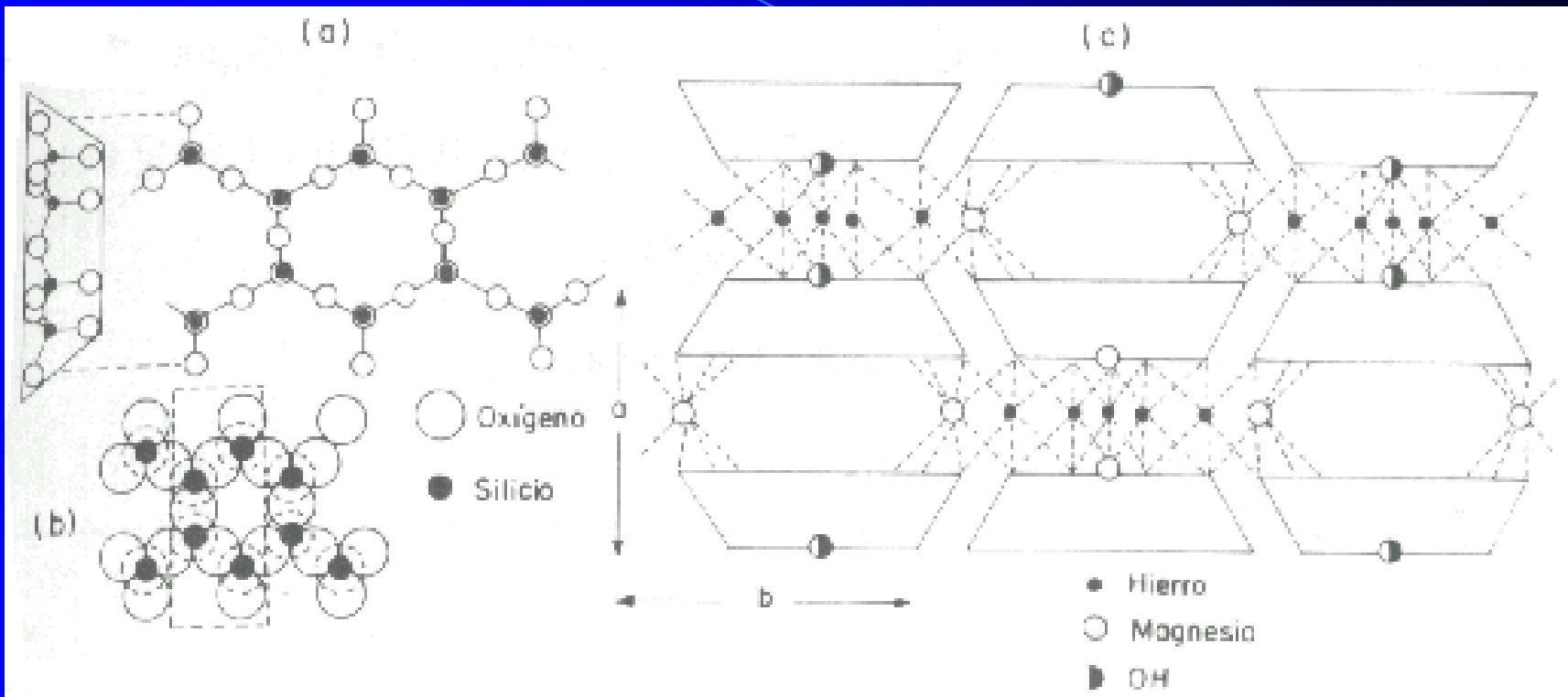
Cadena de tetraedros, plano, elevación y visto de lado, asimilado a un trapecio.



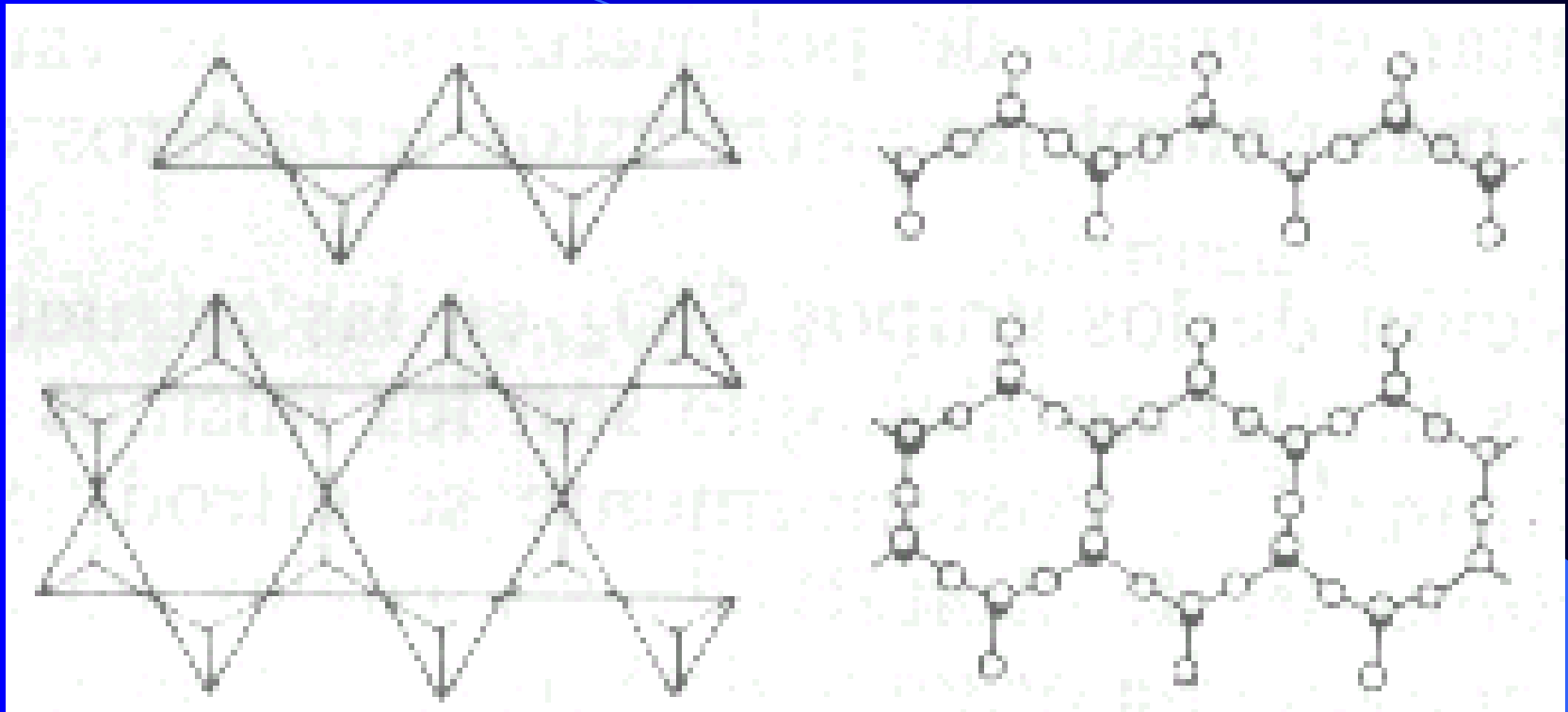


**Cadena piroxénica mostrando la celda unitaria  $(\text{SiO}_3)_n^{2-}$ .**

# Estructura de los anfíboles



En (a), cadena doble anfibólica, plano y vista de lado, asimilada a un trapecio; (b) cadena anfibólica mostrando la celda unitaria  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})_n^{6-}$ ; (c) unión de las cadenas a través de cationes metálicos.



**Representación diagramática de la estructura (cadena simple y cadena doble).**

La fórmula de la  
unidad  
piroxénica,  
 $(\text{SiO}_3)^{2-}$  es  
simple.

$$\text{Si} = +4$$

$$3\text{O} = -6$$

-----

$$\text{SiO}_3 = -2$$

La fórmula del  
grupo anfibólico  
 $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$  es:

$$4 \text{ Si} = + 16$$

$$11\text{O} = - 22$$

-----

$$\text{Si}_4\text{O}_{11} = - 6$$

**Estos silicatos se forman por polimerización en dos direcciones uniendo tres vértices de cada tetraedro con los vértices de los vecinos**

**Se forman de este modo una capa plana de anillos hexagonales de tetraedros, cuya unidad estructural es  $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$ .**

**FILOSILICATOS**  
**Gr. Filos = hoja**

**Estas capas se unen entre sí mediante cationes (Al, Mg, Fe) formando enlaces muy fuertes y originando estructuras características**

**La distribución interna origina una secuencia en estratos, por lo que su aspecto y exfoliación son decididamente laminares.**

En general son blandos  
y de peso específico bajo

Dentro de los filosilicatos  
se incluyen minerales  
tan importantes como las  
micas y los minerales  
de arcilla de suelos

**FILOSILICATOS**  
Gr. Filos = hoja

Los filosilicatos, minerales  
de capa o minerales de arcilla,  
se encuentran abundantemente  
representados en todos los  
sedimentos y rocas sedimentarias,  
en los depósitos hidrotermales  
y en la mayoría de los suelos

**Son los minerales más abundantes de las rocas sedimentarias y comprenden, probablemente alrededor del 40% de los minerales de esas rocas.**

**Existen filosilicatos primarios y secundarios.**

**FILOSILICATOS**  
**Gr. Filos = hoja**

**Los primeros se originan bajo las condiciones requeridas para la formación de las rocas ígneas o metamórficas o transformaciones de minerales primarios o secundarios en las condiciones de alteración que existen en la superficie de la tierra.**

**Los filosilicatos que incluyen numerosas especies, tienen como característica sobresaliente el presentar una estructura organizada principalmente con base en hojas de tetraedros de sílice ( $\text{SiO}_4$ ) y de octaedros de alumina ( $\text{AlO}_6$ ) o  $\text{Al}(\text{OH})_6$ .**

## **FILOSILICATOS**

**Gr. Filos = hoja**

**La lámina octaédrica está formada por cationes en coordinación ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , etc.).**

**La relación Si/O de los filosilicatos es de 0,4 aproximadamente, sin contar los OH.**

**La fórmula estructural general del modelo es  $(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$ .**

**Muchas veces, por sustitución isomórfica, los tetraedros pueden ser de aluminio ( $\text{AlO}_4$ ), así como los octaedros pueden ser magnésicos, ferrosos o incluir otros metales.**

# **Gr. Filos = hoja**

## **FILOSILICATOS**

**La disposición de la estructura de los filosilicatos en capas compuestas de dos láminas tetraédricas ligadas a través de una lámina central octaédrica, dejan un espacio de intercapa que puede o no, estar ocupada por agua y/o cationes.**

**Sin embargo algunos filosilicatos tienen las capas formadas sólo de una lámina tetraédrica y una octaédrica.**

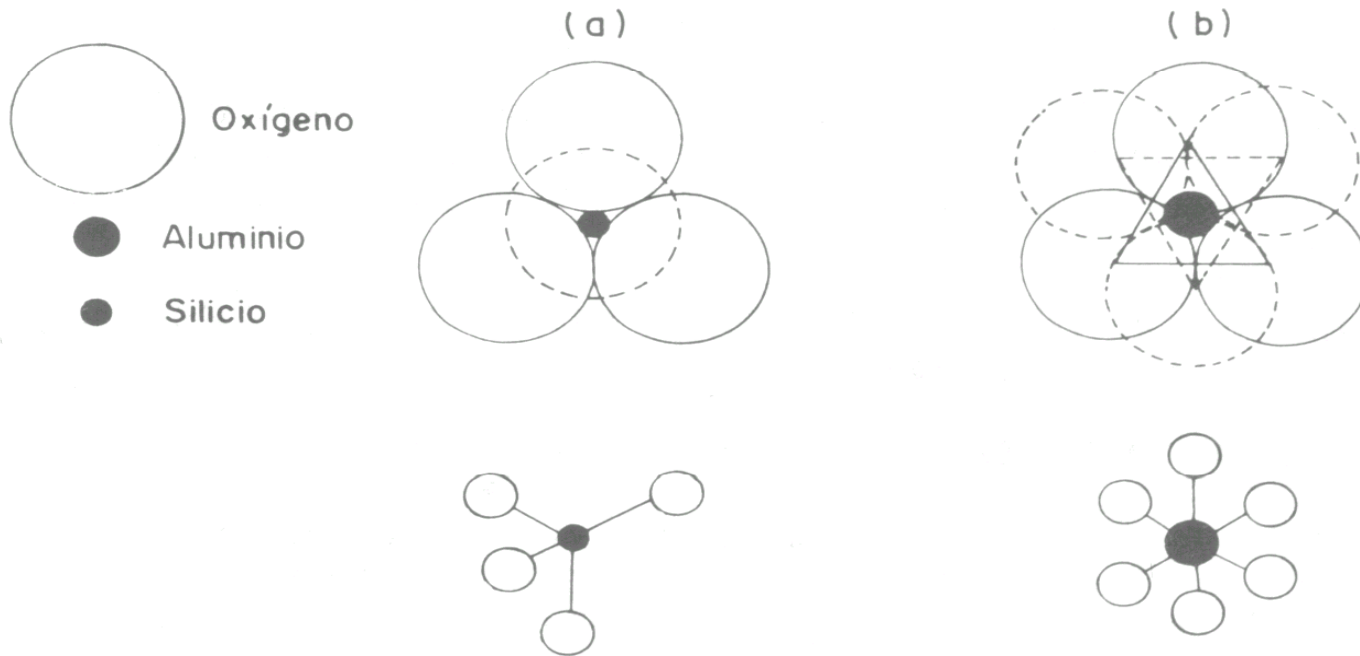
# **FILOSILICATOS**

## **Gr. Filos = hoja**

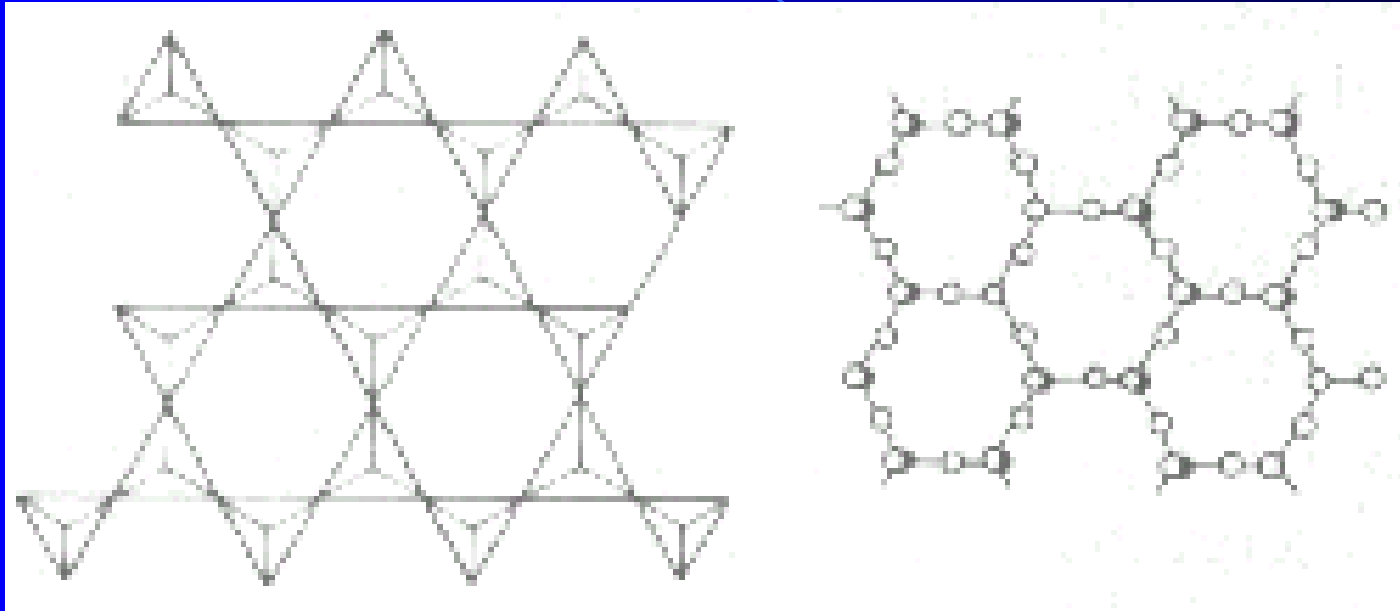
**A los primeros se les conoce como de tipo 2:1 y a los segundos como tipo 1:1.**

**La estructura de los filosilicatos se forman por apilamiento de planos hexagonales y compactos.**

**Los grupos principales de los filosilicatos se caracterizan por tener un número constante de dichos planos.**



**Constitución de los tetraedros y octaedros en los filosilicatos. En (a) se observa un tetraedro. En (b) se observa un octaedro. En el centro del tetraedro y octaedro se observan cationes silicio y aluminio respectivamente**



**Representación diagramática de la estructura de los filosilicatos.**

# Filosilicatos primarios

```
graph TD; A[Filosilicatos primarios] --> B[1. Talco y pirofilita]; A --> C[2. Minerales micáceos.]; C --> D[a. Grupo X ~ 2.]; D --> E[Muscovita.]; D --> F[Paragonita]; D --> G[Lepidolita.]; D --> H[Biotita.]; D --> I[Flogopita.];
```

1. Talco y pirofilita

2. Minerales micáceos.

a. Grupo X ~ 2.

Muscovita.

Paragonita

Lepidolita.

Biotita.

Flogopita.

Los tetraedros se unen  
Entre sí compartiendo todos  
sus vértices y originando el grupo  
estructural  $(\text{SiO}_2)_n^0$  de modo que  
ningún oxígenoes activo: cada  
ion oxígeno pertenece  
a dos tetraedros

Los tectosilicatos  
tiene peso  
Específico bajo

## Tectosilicatos. Gr. Tektos = trama, red

Juegan un papel importantísimo  
en los procesos pedológicos por su  
abundancia en la mayoría de los suelos,  
como por el hecho de que su alteración  
libera constituyentes esenciales para la  
formación de minerales arcillosos

Pertenece a este grupo un gran  
número de minerales ampliamente distribuidos  
en la litosfera, entre los cuales están los feldespatos,  
que son los minerales más abundantes de la naturaleza,  
estando presentes en casi todas las rocas,  
ya sean ígneas, metamórficas o sedimentarias

# Tectosilicatos

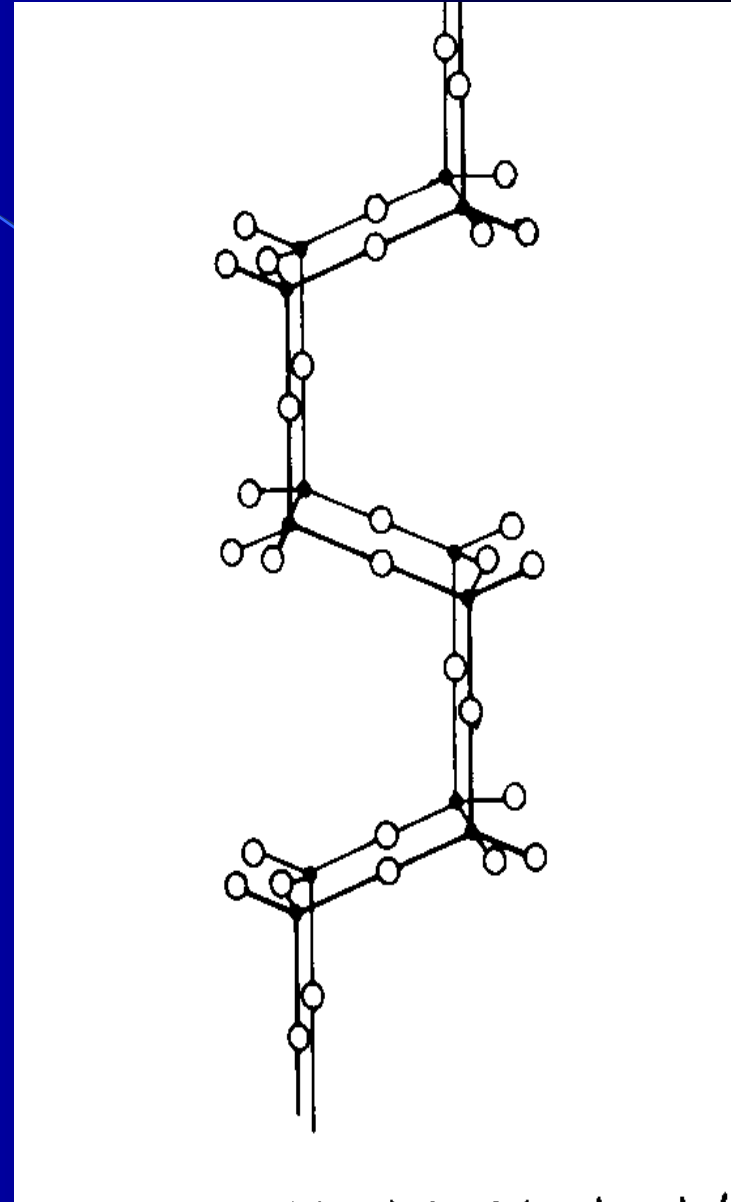
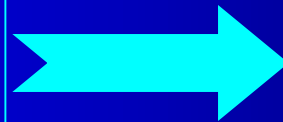
```
graph TD; A[Tectosilicatos] --- B[tienen una estructura basada en un esqueleto o armazón tridimensional de tetraedros de silicio – oxígeno, donde cada uno de los oxígenos es puente entre dos silicios.]; A --- C[incluyen al cuarzo y sus polimorfos, los feldespato, los feldespatoïdes y las zeolitas]; A --- D[importancia de los tectosilicatos en los suelos, en particular el cuarzo y los feldespato, es muy grande];
```

tienen una estructura basada en un esqueleto o armazón tridimensional de tetraedros de silicio – oxígeno, donde cada uno de los oxígenos es puente entre dos silicios.

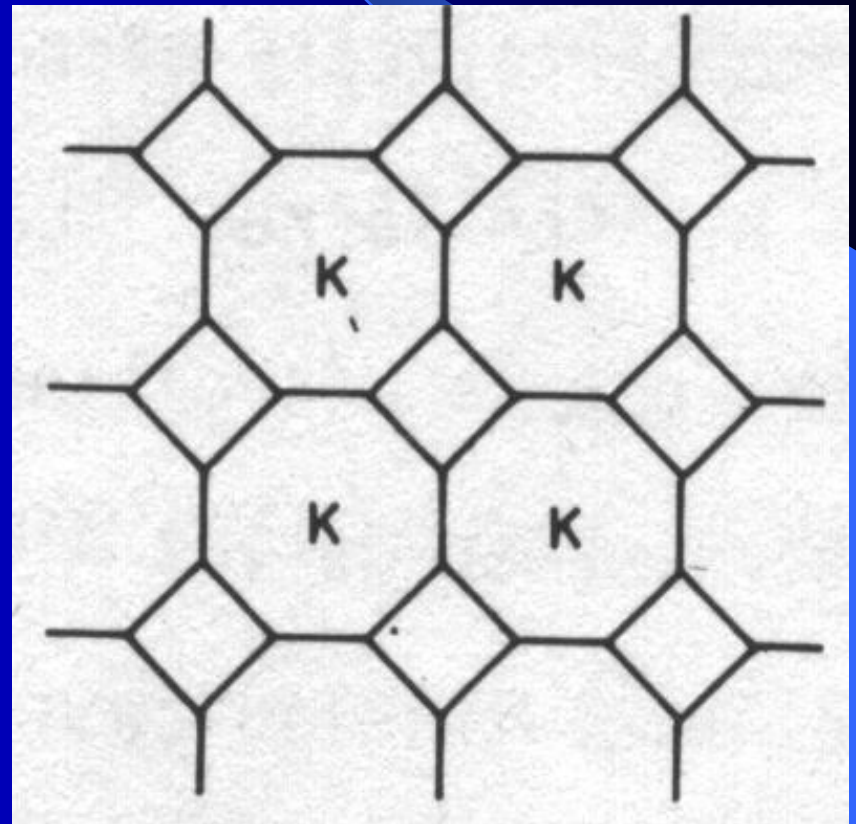
incluyen al cuarzo y sus polimorfos, los feldespato, los feldespatoïdes y las zeolitas

importancia de los tectosilicatos en los suelos, en particular el cuarzo y los feldespato, es muy grande

Disposición de los tetraedros de (Si – Al) – O para formar las cadenas en los feldespato.



Vista esquemática  
de las cadenas y los  
huecos octagonales  
en corte  
perpendicular.



# Representación diagramática de la estructura de los tectosilicatos.

