

# TECTOSILICATOS-6 ZEOLITAS

M. Rodas

- Forman un grupo bien definido de especies relacionadas entre sí por su composición, condiciones de formación y, por tanto, por sus ambientes geológicos de aparición.
- Sin embargo, sus estructuras no están relacionadas, como ocurría con los feldespatos.
- Composiciones parecidas a los feldespatos, aunque tienen estructuras mucho más abiertas que éstos.
- Las zeolitas pueden transformarse en feldespatos durante el metamorfismo.

# Generalidades

- Existen unas 40 zeolitas naturales conocidas y unas 200 sintéticas. De las zeolitas naturales, sólo siete presentan aplicaciones industriales. Son las siguientes:
  - Mordenita
  - **Clinoptilolita (la de mayor aplicación)**
  - Chabazita
  - Erionita
  - Ferrierita
  - Phillipsita
  - Analcima

# ZEOLITAS

- Fórmula general de las zeolitas puede escribirse como:



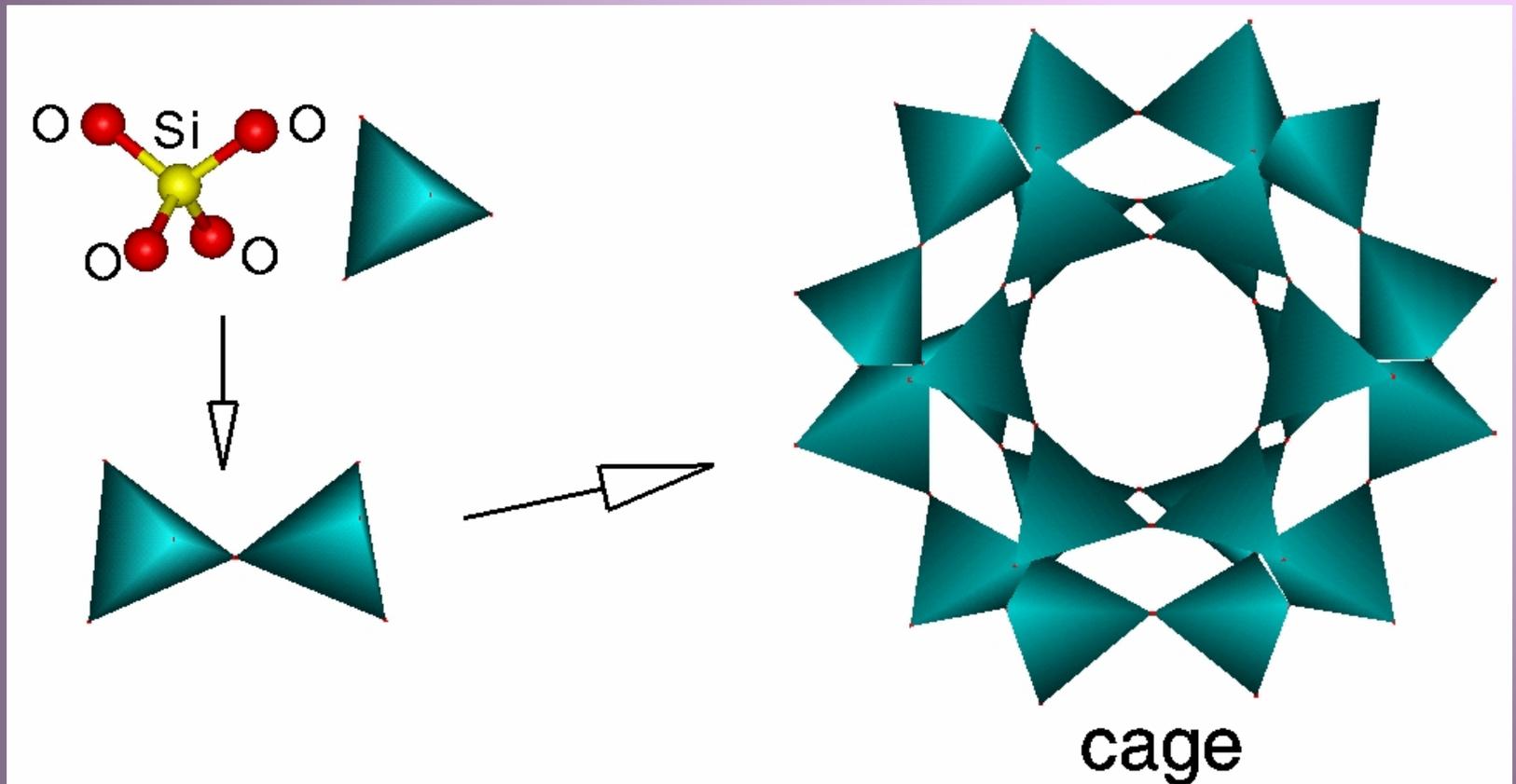
- $W = Na, Ca (K, Ba, Sr, \text{menos})$
- $Z = Si + Al$  (Si:Al nunca supera la proporción 1:1)
- La cantidad de agua ( $s$ ) es variable y la relación (Si+Al):O es siempre 1:2.

# ZEOLITAS

- No existe un tipo estructural único para las zeolitas
- Armazón tridimensional de tetraedros  $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$ , con anillos de 3, 4, 5, ó 6 miembros.
- Grandes huecos ocupados por iones de elevado radio (no intercambiables) y moléculas de agua (absorbida).
- Posibilidad de incorporar y ceder moléculas de agua (ceolítica) de forma continua.
- Capacidad de intercambio iónico y la rehidratación reversible.
- Capacidad de variar las dimensiones de los huecos en función del pH de las soluciones en contacto

# Estructura de una zeolita

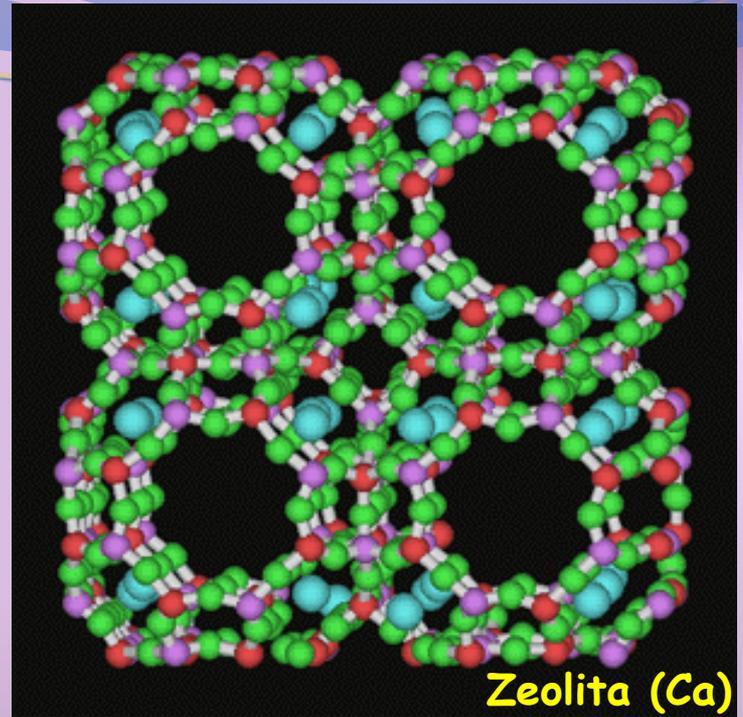
[www.bza.org/zeolites.html](http://www.bza.org/zeolites.html)



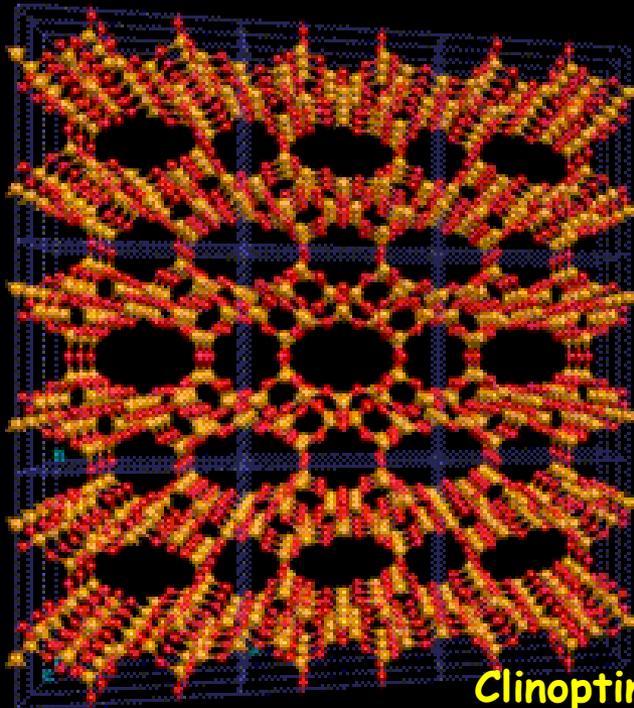
• Armazón tridimensional de tetraedros  $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$ , con anillos de 3, 4, 5, ó 6 miembros.

# ZEOLITAS

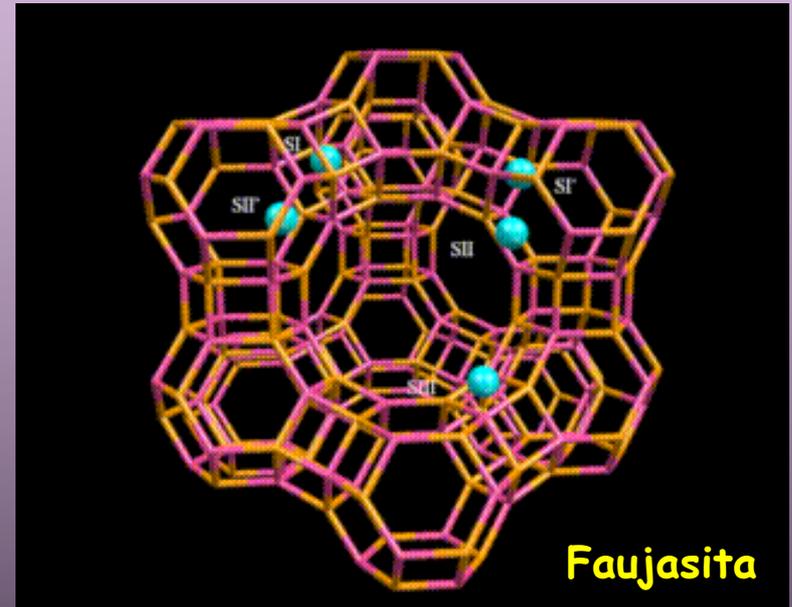
- Más de 25 tipos estructurales distintos



Zeolita (Ca)



Clinoptinolita

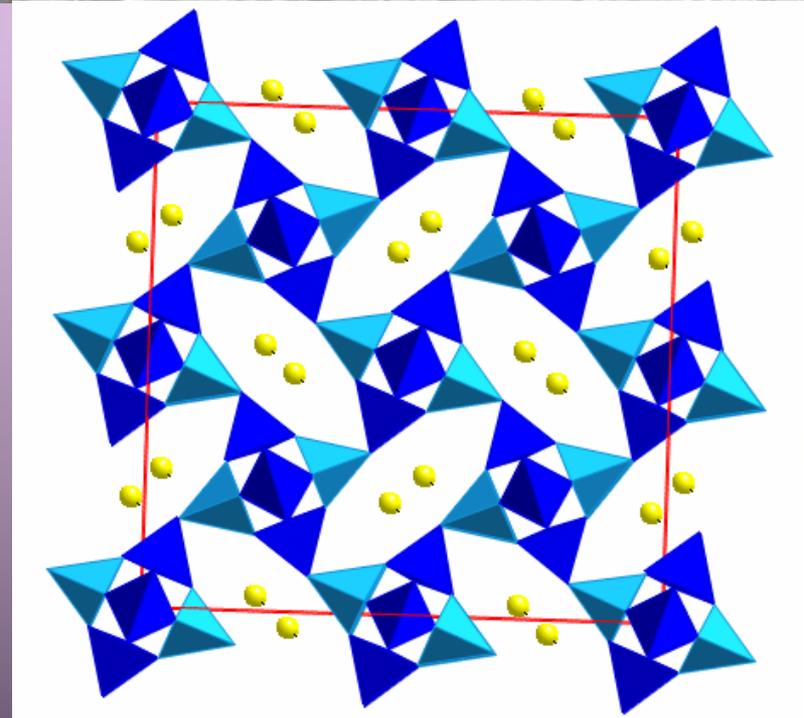


Faujasita

# ZEOLITAS

## Clasificación

1. **Grupo de la natrolita.**  
Estructura basada en **cadena**s y todos los miembros de este grupo tienen hábitos fibrosos.

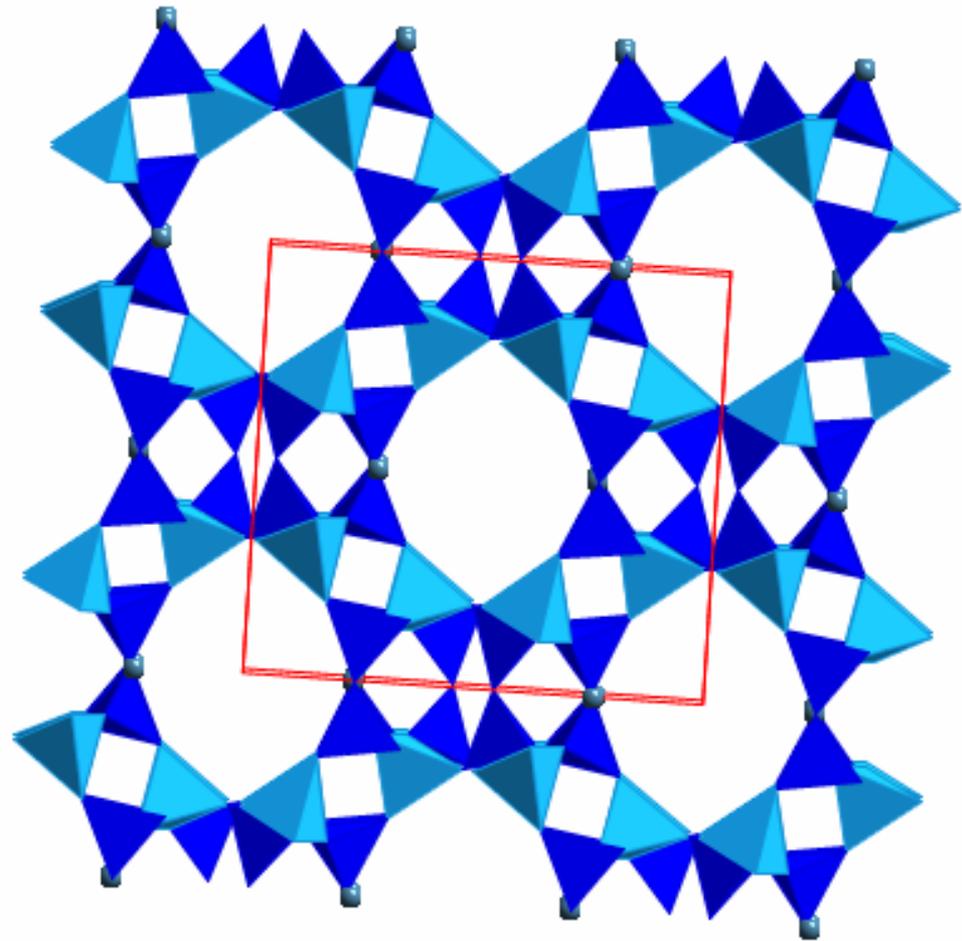


## 2. Grupos de la laumontita y de la analcima.. Presentan habito cúbico. Blancas, grises , amarillentas

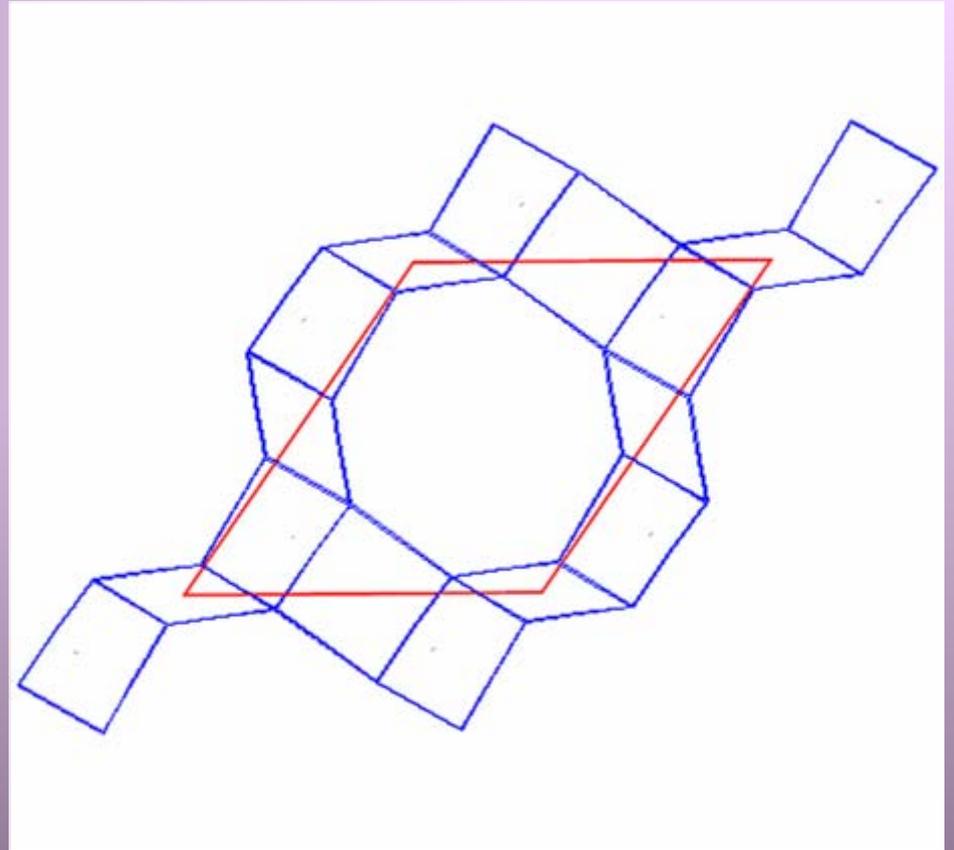
Laumontita



Analcima.



**3. Grupo de la phillipsita.** Contiene anillos dobles de cuatro miembros conectados entre sí en forma de cadena en zig-zag (similar a las de los feldespatos). Colores blancos



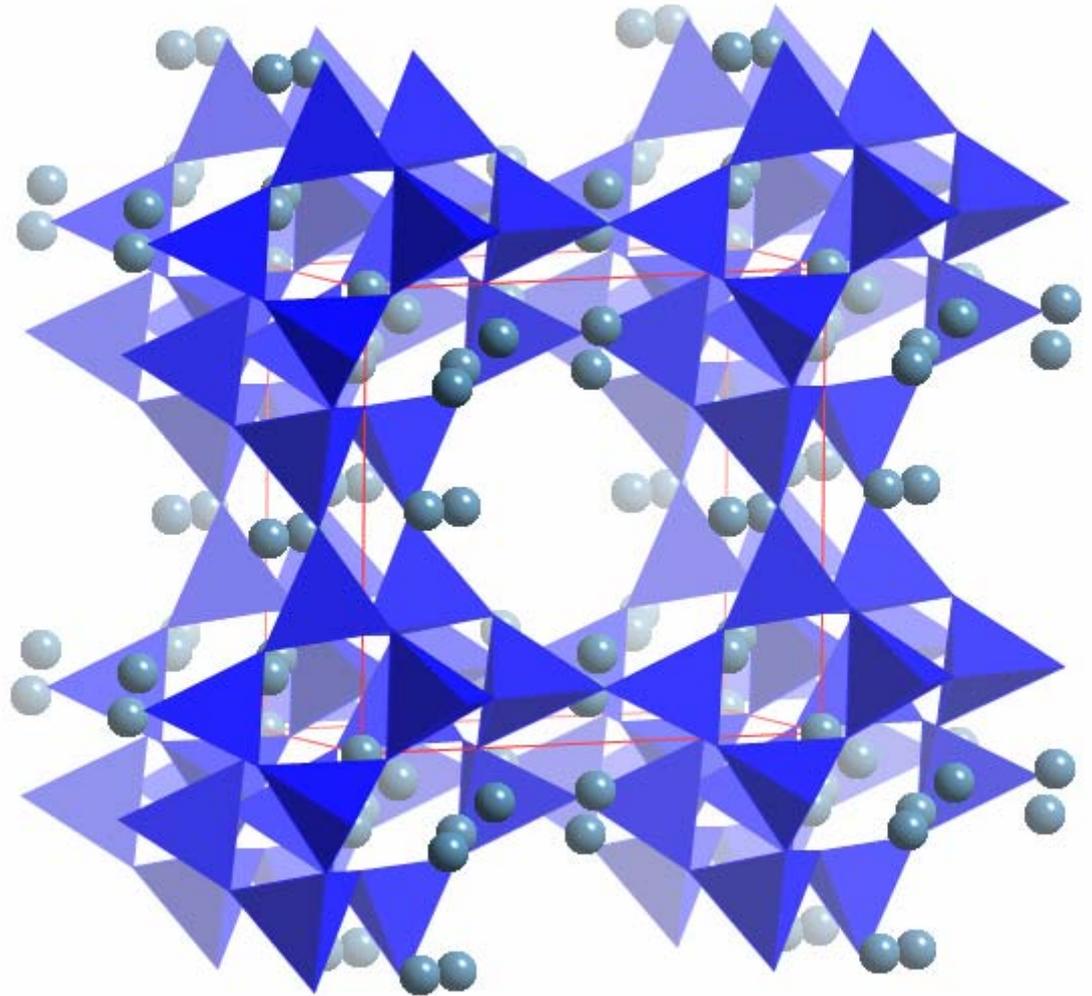
### 3. Grupo de la phillipsita. *Habito prismático pseudorombico* Colores blancos



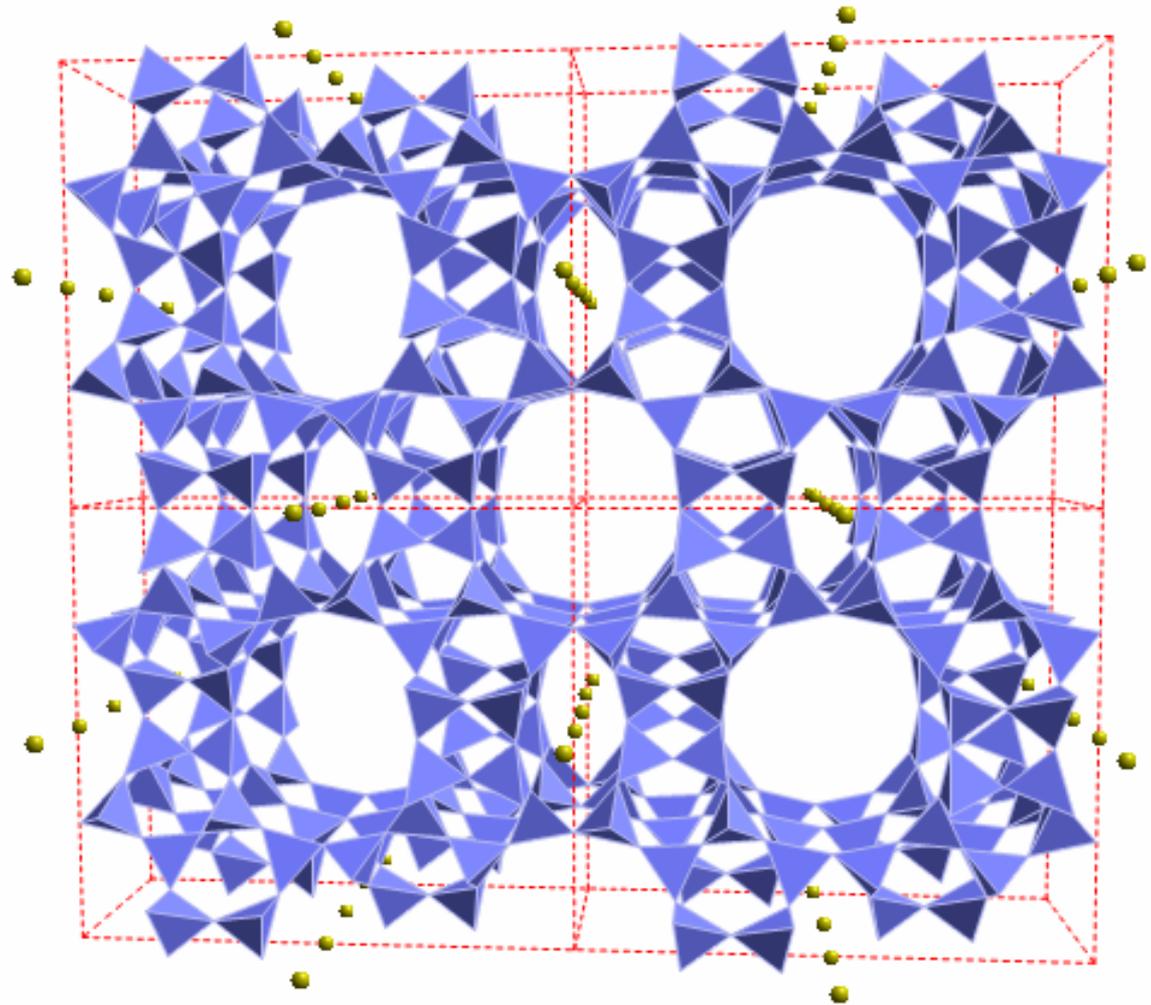
- **4. Grupo de la chabazita..** Este grupo de minerales contiene cavidades de gran tamaño, que pueden describirse como octaedros o cubo-octaedros truncados.



- **4. Grupo de la chabazita..** Este grupo de minerales contiene cavidades de gran tamaño, que pueden describirse como octaedros o cubo-octaedros truncados.



5. **Grupo de la mordenita.** Estructuras que pueden considerarse como láminas formadas por anillos de seis tetraedros, con pares de tetraedros unidos a su vez a estos anillos.

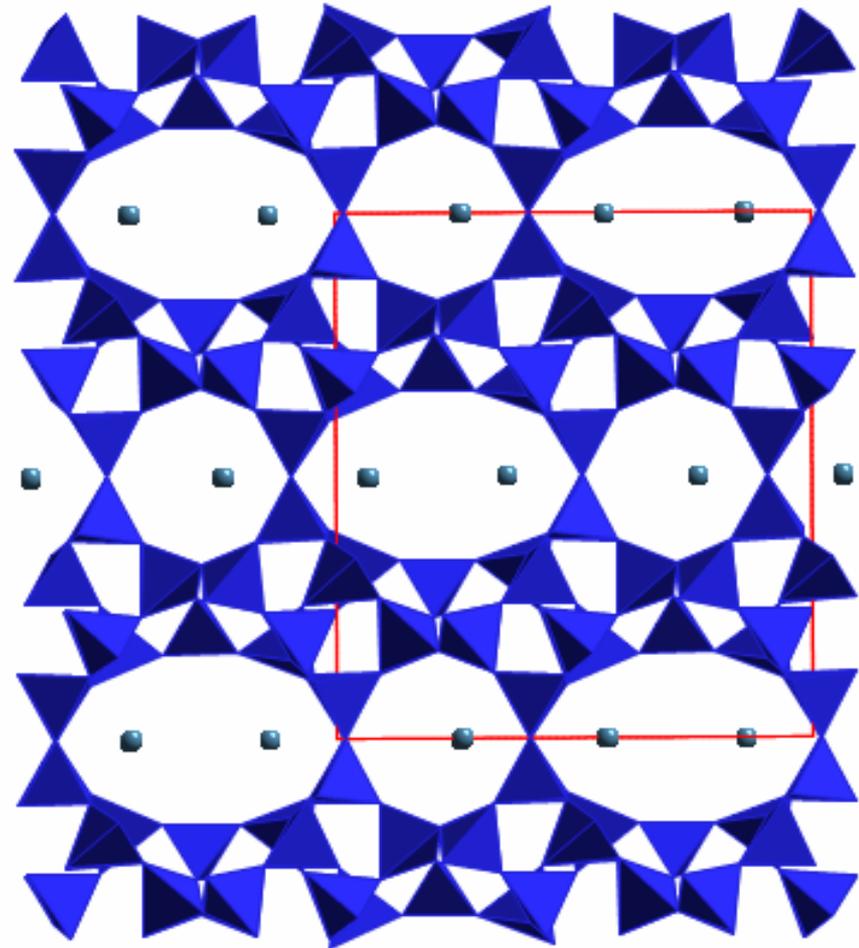
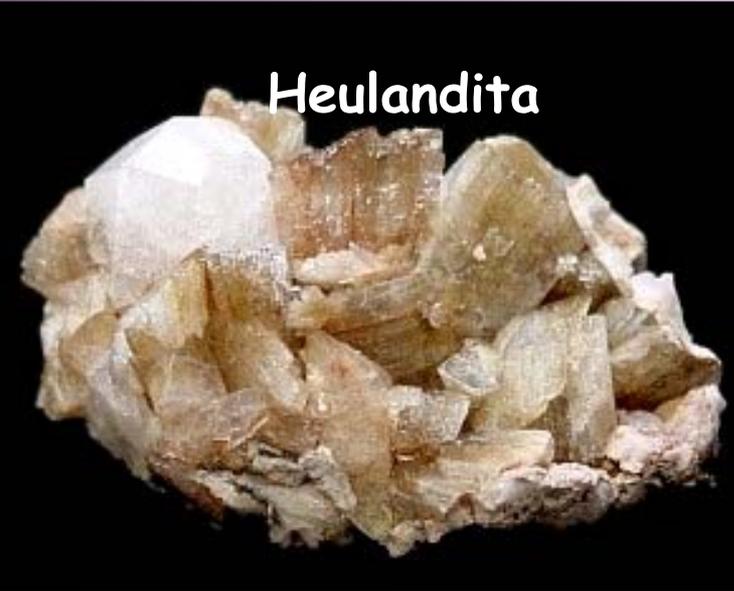


**5. Grupo de la mordenita.** Presentan estructuras que pueden considerarse como láminas formadas por anillos de seis tetraedros, con pares de tetraedros unidos a su vez a estos anillos.



6. Grupo de la heulandita. Presentan una estructura laminar, que se refleja en su morfología tabular.

Heulandita



6. **Grupo de la heulandita.** Presentan una estructura laminar, que se refleja en su morfología tabular.



Heulandita

# Composición

- Las sustituciones atómicas en las zeolitas son de dos tipos:
- 1.- Similar al que tiene lugar en los feldespatos (K Si por Ba Al y Na Si por Ca Al, por ejemplo)
- 2.- Implica una variación en el número de cationes (Ca por 2Na, Ba por 2K, etc.).

# Propiedades fundamentales

- Intercambio catiónico
- Adsorción ( tamiz molecular)
- Hidratación-deshidratación (un tipo especial de adsorción)
- Propiedades extensivas de la roca zeolítica y de sus partículas constituyentes:
  - Tamaño
  - Forma
  - Porosidad
  - Dureza

# Adsorción de las zeolitas

- Los canales y cavidades de una zeolita están normalmente llenos de moléculas de agua, que forman esferas de hidratación alrededor de los cationes de intercambio
- Al calentar a  $350-400^{\circ} C$  durante varias horas, las zeolitas pierden agua, y los canales quedan vacíos y capaces de adsorber cationes o radicales del tamaño adecuado
- Las moléculas muy grandes pasan alrededor de la partícula, y no son adsorbidas (efecto tamiz molecular)
- La superficie de adsorción puede llegar a cientos de metros cuadrados por gramo
- Algunas zeolitas ganan hasta un 30% de su peso seco, adsorbiendo gases

# Intercambio catiónico

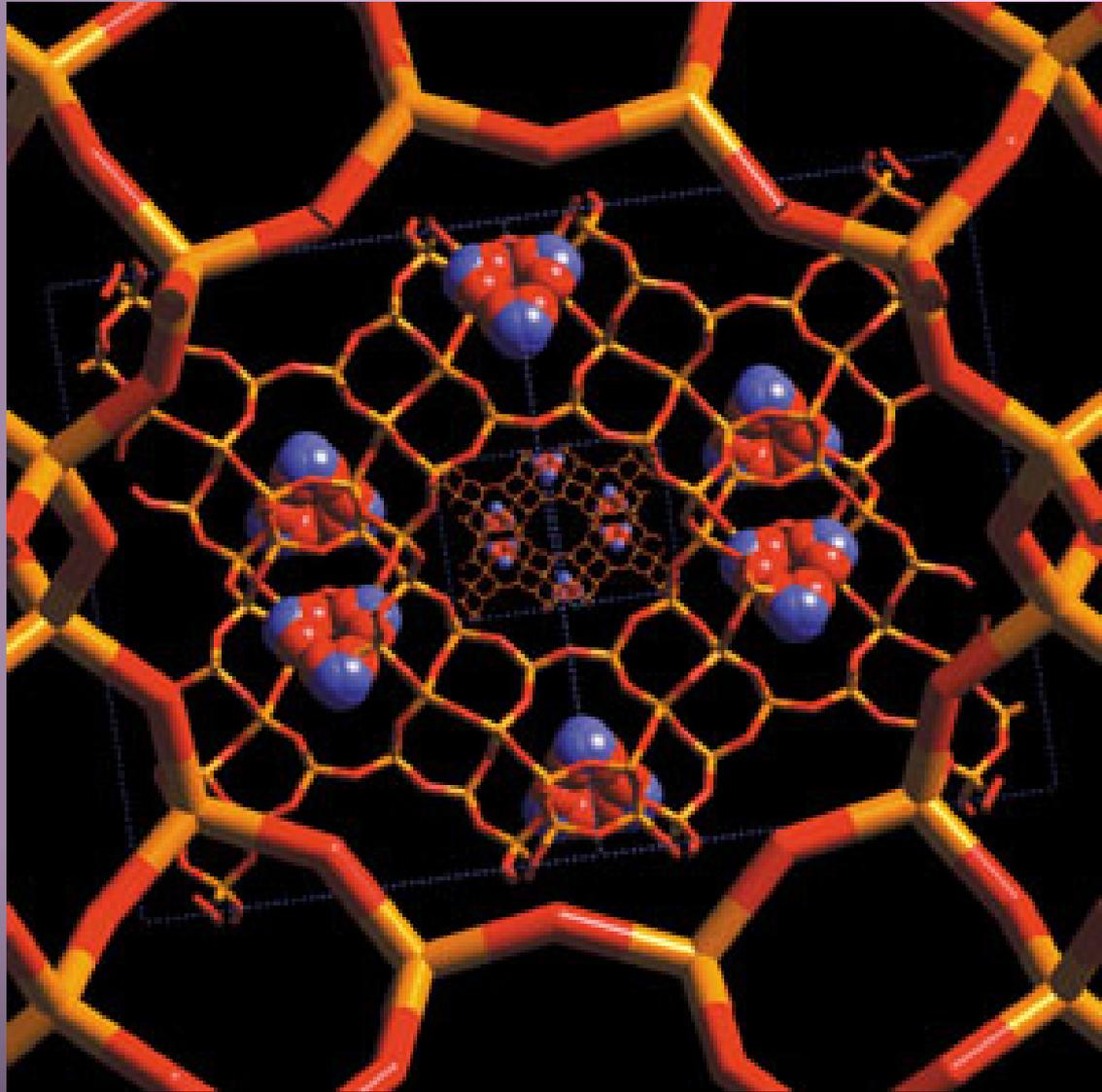
- Los cationes de intercambio están débilmente unidos a la estructura tetraédrica, y pueden removerse con facilidad mediante lavado con una solución catiónica más fuerte
- La capacidad de intercambio de muchas zeolitas alcanzan 2 ó 3 meq/g, aproximadamente el doble que las arcillas bentoníticas
- La capacidad de intercambio es, sobre todo, una función del grado de sustitución de Si por Al en la estructura: cuanto más alta sea ésta, mayor deficiencia de cargas positivas, y mayor es el número de cationes alcalinos o alcalinotérreos necesarios para neutralizar la carga total

# Algunos usos de la zeolitas

- Cargas en la **industria del papel**  
Intercambiadores iónicos en **purificación de aguas**
- **Descontaminantes** de residuos líquidos y gaseosos
- **Separación** de oxígeno y nitrógeno del aire
- **Catalizadores** en *cracking* del petróleo
- **Adsorbentes** resistentes a los ácidos en secado de gases
- **Trampas para elementos radioactivos** en efluentes líquidos de instalaciones nucleares
- **Eliminación de compuestos de nitrógeno** en la sangre de enfermos de riñón
- **Materiales de relleno y cubierta** de residuos radioactivos en sus almacenamientos
- **Sustitutivos de fosfatos** en **detergentes**

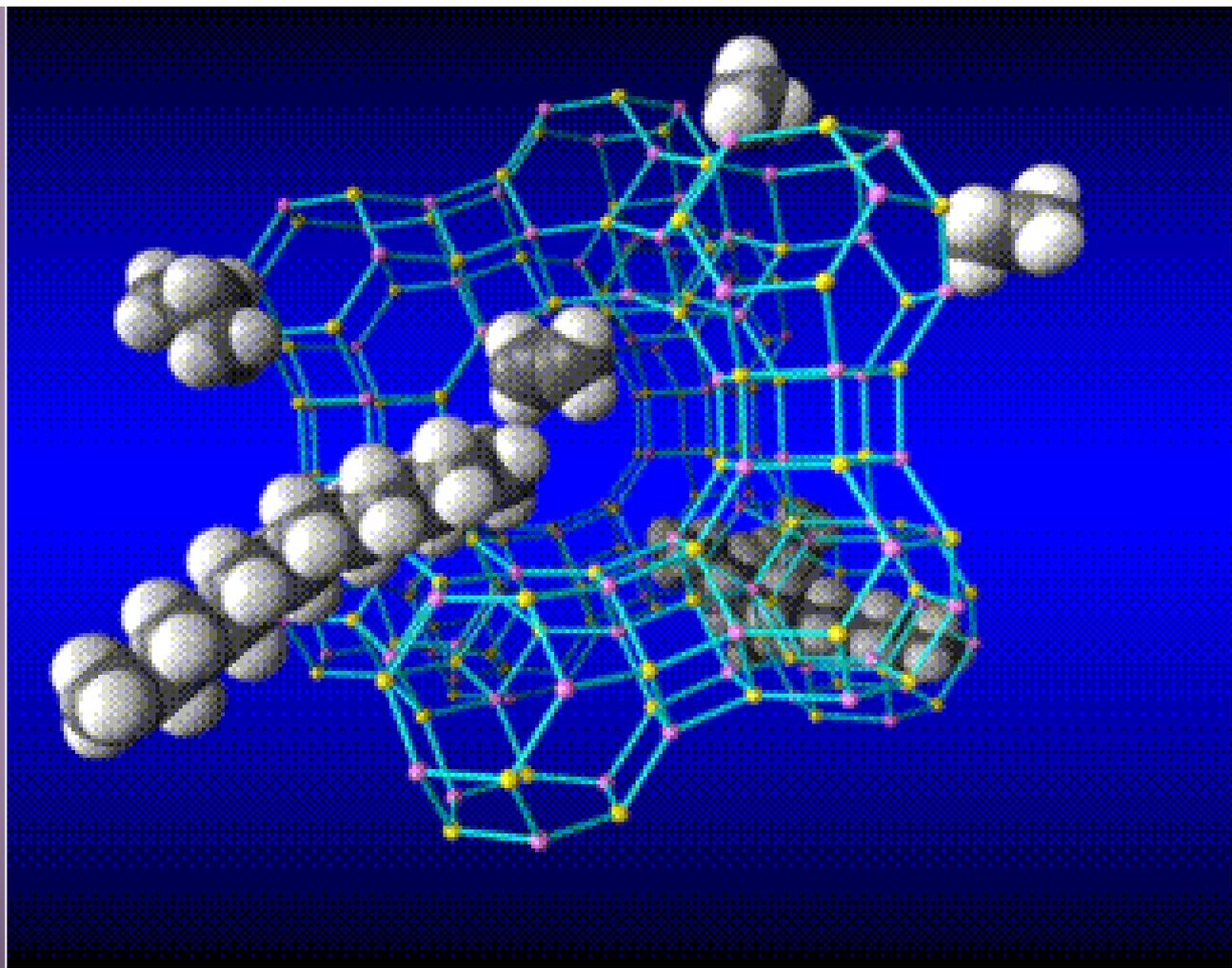
# ZEOLITAS: Algunas aplicaciones

## Atrapamiento de iones radioactivos



# Cracking de un hidrocarburo de cadena larga por una zeolita

[www.molecularuniverse.com/ Building\\_In\\_3D/bld7.htm](http://www.molecularuniverse.com/Building_In_3D/bld7.htm)



# GÉNESIS:

- En rocas metamórficas de muy bajo grado → definen una **facies específica** en rocas de composición básica, junto a clorita y cuarzo (esencialmente cálcicas → laumontita y heulandita)
- Los mejores ejemplos de zeolitas → en vesículas y **cavidades en basaltos**.
- En ambientes **desérticos o semidesérticos** pueden formarse a partir de precursores adecuados (vidrios volcánicos, feldespatos, nefelina, etc.) en condiciones de elevado pH.
- Las zeolitas son también comunes y están ampliamente distribuidas en **lagos salinos alcalinos**, asociadas a minerales de la arcilla (esmectitas, sepiolita, etc.).

# GÉNESIS

- La mayor parte de las zeolitas **sedimentarias** proceden de **transformación de cenizas volcánicas de grano fino**, arrastradas por el viento desde el volcán en erupción y depositadas en la tierra, en lagos salinos someros o en costas marinas próximas
- Las capas de ceniza pura varían de potencia entre un cm y cientos de metros
- Las cenizas vítreas reaccionan con el agua salina circundante y se transforman en cristales micrométricos de zeolitas, probablemente mediante mecanismos de disolución-precipitación
- Las rocas zeolíticas normalmente contienen entre un 50 y un 95% de una sola especie. A veces, varias zeolitas pueden coexistir

# GENÉISIS

- Los minerales paragenéticos más comunes son: vidrio volcánico, cuarzo, feldespato potásico, montmorillonita, calcita, yeso y tridimita-cristobalita
- Generalmente, todas las partículas son de tamaño micra, pero algunos granos pueden ser milimétricos
- Las rocas zeolíticas suelen ser ligeras, friables, suaves, con densidades entre 1,2 y 1,8 g/cm<sup>3</sup>
- Algunas rocas silicificadas pueden presentar resistencias y densidades mayores, pues la sílice rellena poros y actúa como un cemento. En consecuencia, las rocas duras contienen menos zeolita
- La roca zeolítica ideal debe ser rica en la especie buscada, resistente mecánicamente ante la abrasión y la desintegración, muy porosa para facilitar la difusión de gases y líquidos, y no muy dura para facilitar su conminución