



NESOSILICATOS-2
GRANATES
ESTAUIROLITA
TOPACIO

Magdalena Rodas

0.5 mm

NESOSILICATOS: GRANATES

- Forman una solución sólida multicomponente, cuya fórmula general puede expresarse como:



$X = Fe^{2+}, Mn, Mg, Ca, \dots$ (NC=8) (Mg= 0,8, Fe = 0,92, Mn= 0,96)

$Y = Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}, \dots$ (NC=6)

- PIRALSPITA

Piropo: $(SiO_4)_3 Mg_3 Al_2$

Almandino: $((SiO_4)_3 Fe_3 Al_2$

Espesartina: $(SiO_4)_3 Mn_3 Al_2$

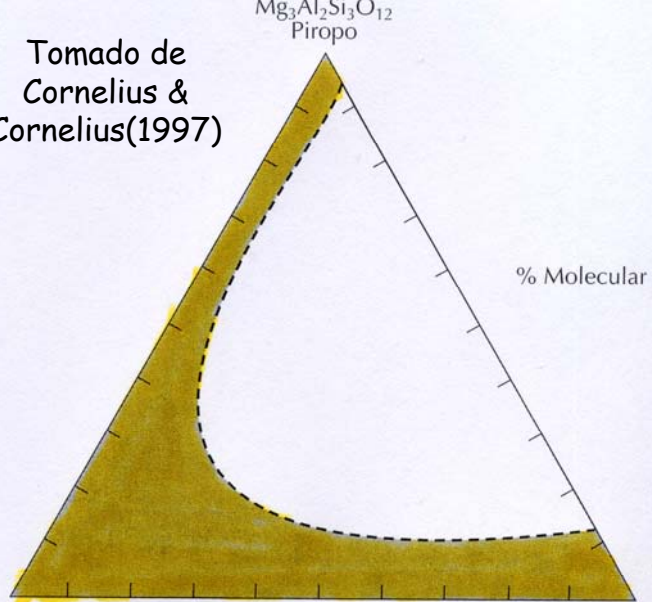
- UGRANDITA

Grosularia: $(SiO_4)_3 Ca_3 Al_2$

Andradita: $(SiO_4)_3 Ca_3 Fe_2$

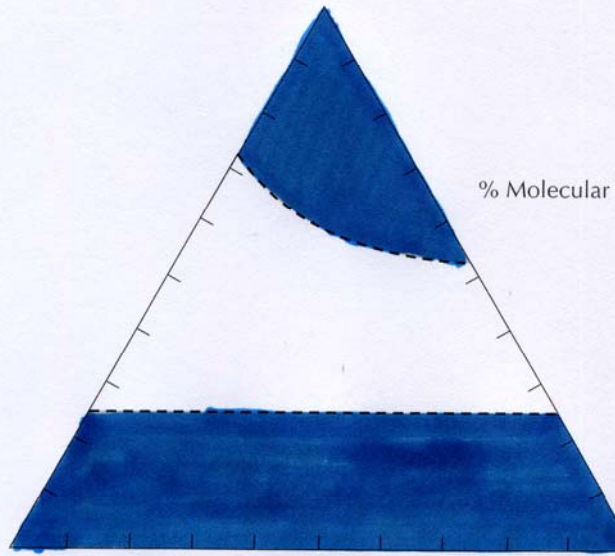
Uvarovita: $(SiO_4)_3 Ca_3 Cr_2$

Tomado de
Cornelius &
Cornelius(1997)



(a)

(Mg, Fe, Mn)₃Al₂Si₃O₁₂
"Piralespita"



(b)

La combinación de cationes divalentes (Ca, Mg, Mn, Fe) con los cationes trivalentes (Fe, Mn, Cr, Al) → 16 especies diferentes.

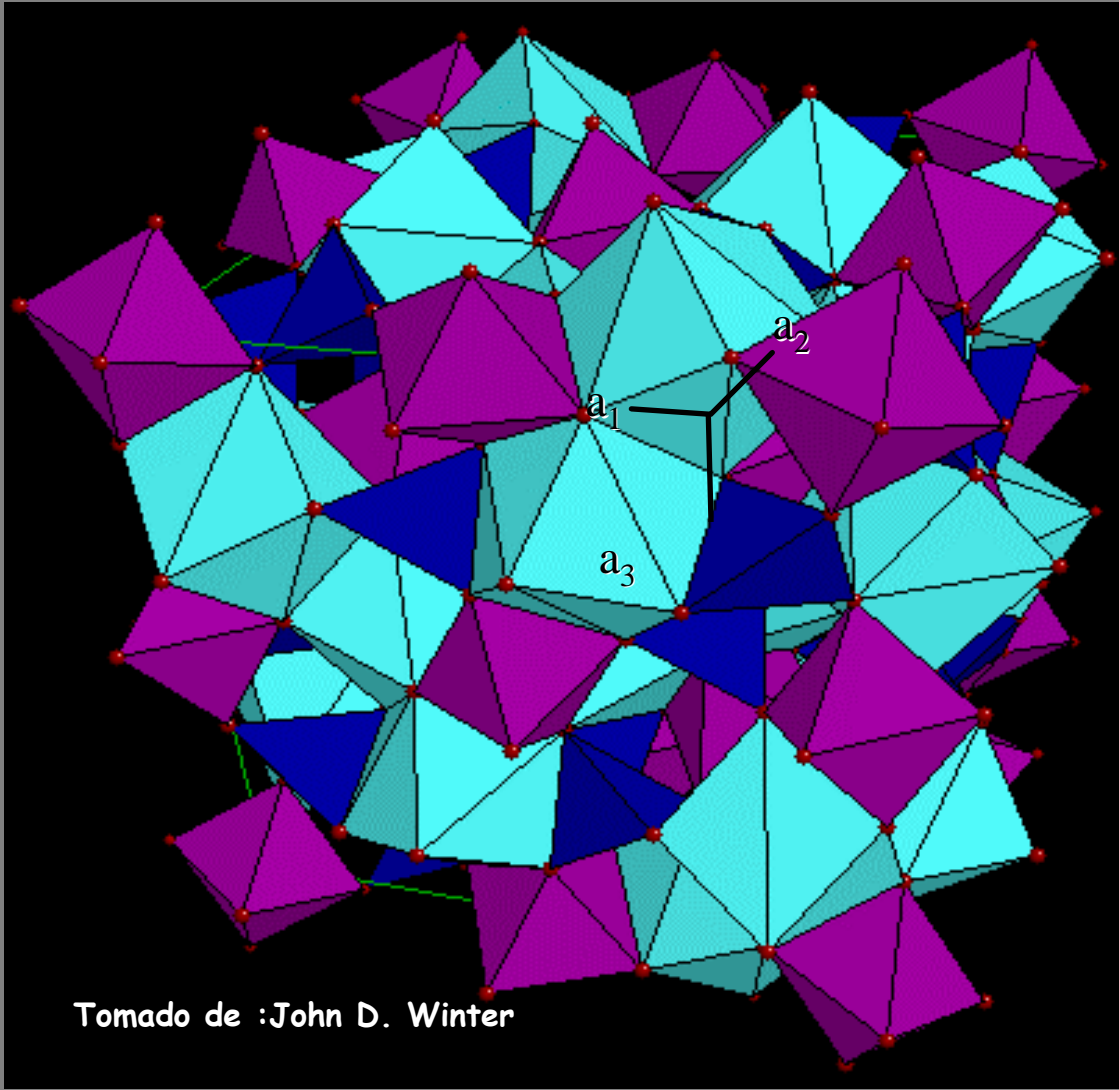
Las sustituciones posibles son de Si por P o Ti y por H₂O (hasta un 8.5% en la hidrogrosularia), en forma de grupos (OH)₄⁻.

Esto da lugar a los hidrogranates → de Si⁴⁺ por H⁴⁺.

El Al puede estar sustituido por Ti o Fe³⁺.

• La solución sólida puede ser excelente dentro de cada serie, pero limitada entre ellas.

Nesosilicatos: Granates $X_3^{2+}Y_2^{3+}Si_3O_{12}$,

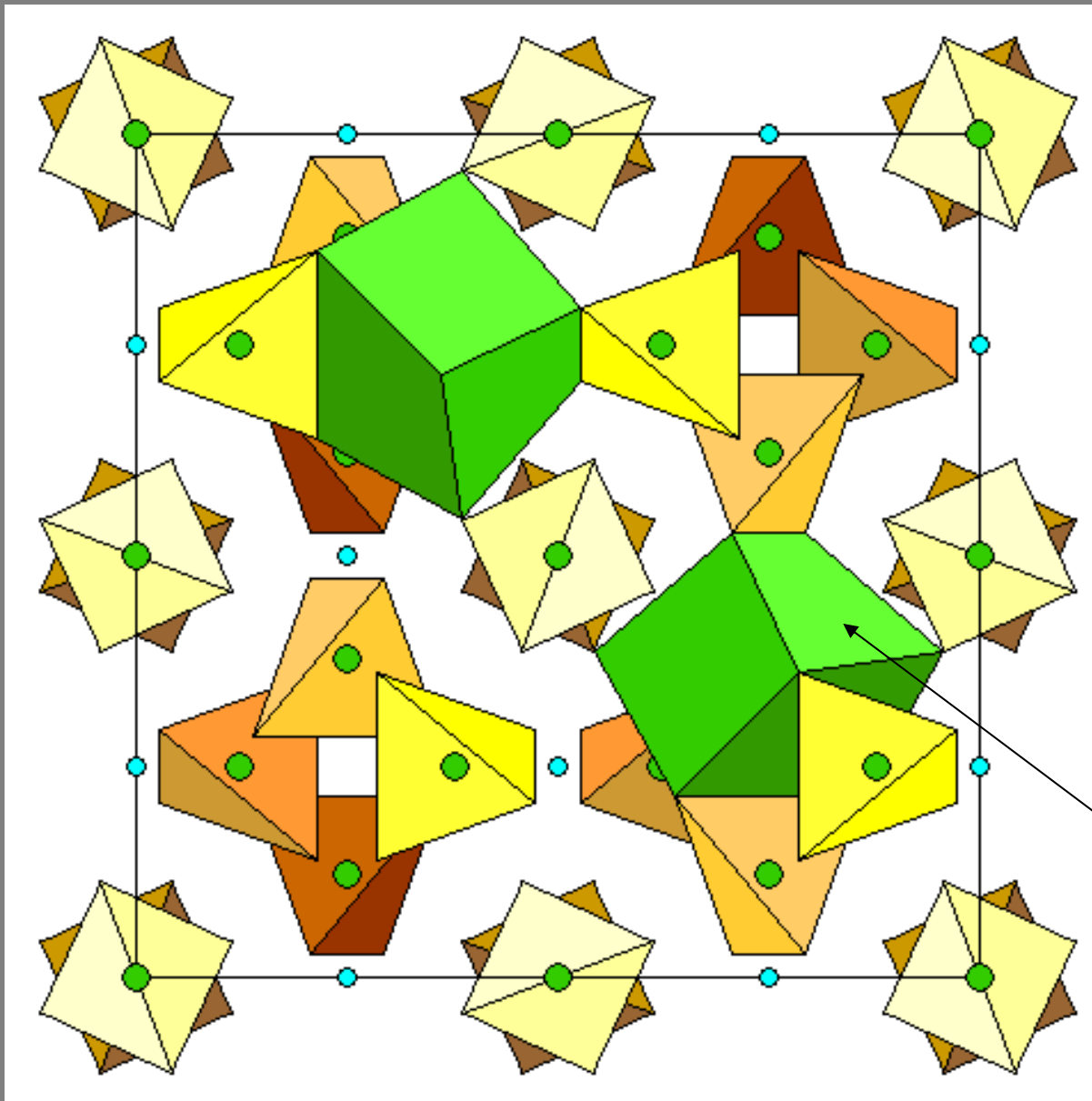


Tetraedros distorsionados de SiO_4

Octaedros ligeramente distorsionados $Y^{3+}O_6$ continúa.

Los átomos de oxígeno definen un dodecaedro triangular, ligeramente distorsionado, 8 oxígenos que coordinan a los cationes X^{2+} , formando grupos XO_8 .

Granate (001) azul = Si, morado = Y (Al, Fe, Cr); turquesa = X (Fe, Mn, Mg, Ca)



La estructura presenta un alto grado de poliedros con aristas compartidas → un elevado índice de empaquetamiento

Poliedro de coordinación 8

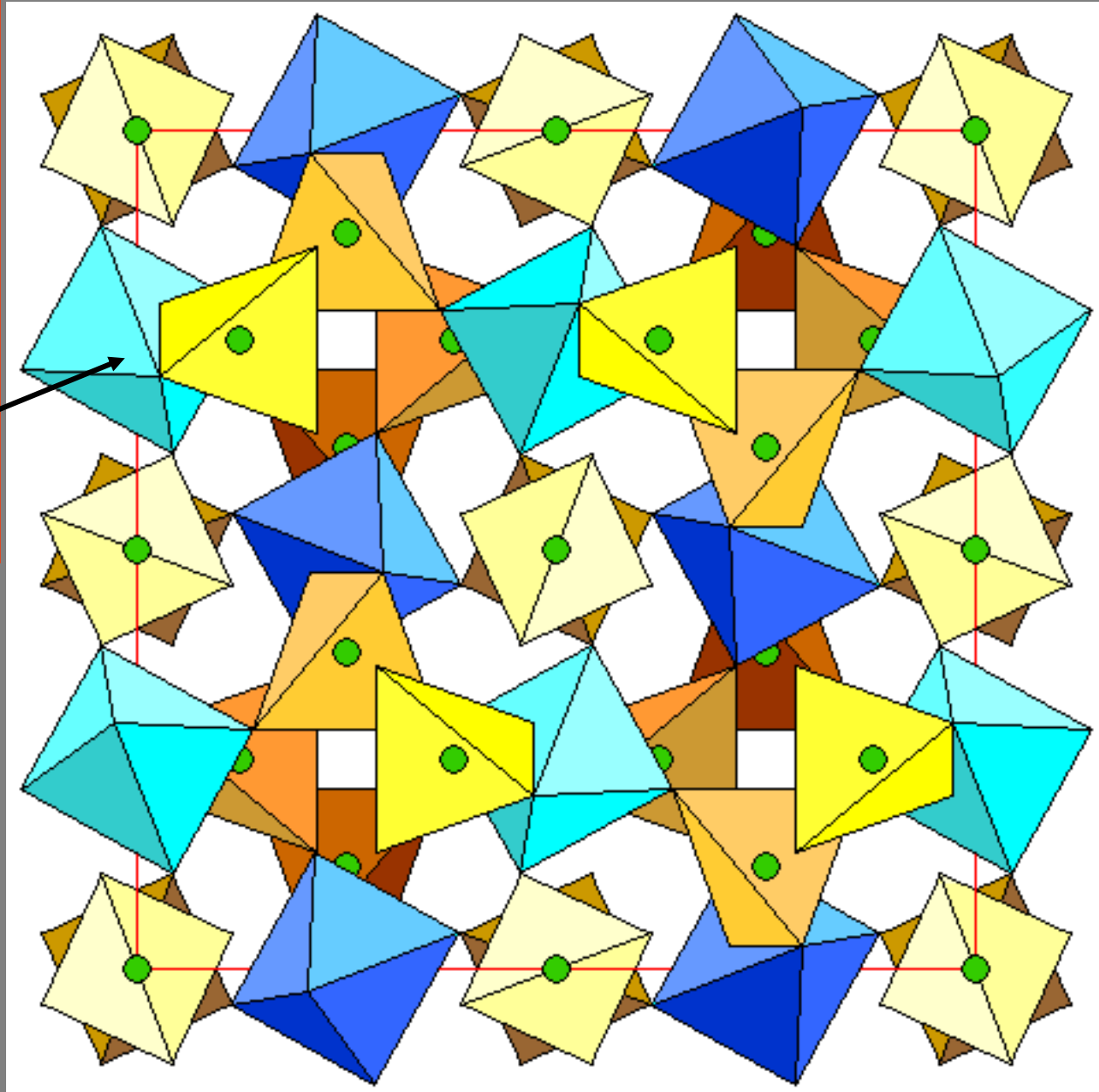
XO_8
(Fe, Mn, Mg, Ca)

Características de los diferentes poliedros

- **Tetraedro ZO_4** . Forma grupos independientes, **compartiendo dos aristas** con los dodecaedros XO_8 . En todas las especies del grupo, el tetraedro está distorsionado.
- **La distorsión del tetraedro es debida a:**
 - 1) Repulsión entre el Si y X(divalentes).
 - 2) Contracción geométrica producida por interacciones catión-oxígeno y oxígeno - oxígeno.
 - 3) El tamaño del catión X^{2+} → Rotación del tetraedro en torno al eje 4- en respuesta al radio del catión X
- → al aumentar r_X disminuye el ángulo de rotación.
- Aumento r_X → +larga la arista compartida.

• Los tetraedros de Si forman grupos independientes unidos a octaedros de iones trivalentes (Al, Fe³⁺, Cr).
Y $^{3+}O_6$

Poliedro de coordinación 8.
La longitud de las aristas compartidas aumenta con el radio del catión X^{2+} .
(Ca, Mg, Fe, Mn)
 XO_8 .



En los granates alumínicos la longitud de las aristas compartidas **aumentan o disminuyen a medida que aumente o disminuya el radio del catión X (Mg, Mn, Fe²⁺, Ca)**. → el tetraedro está ligeramente más distorsionado en el piropo que en la grosularia.

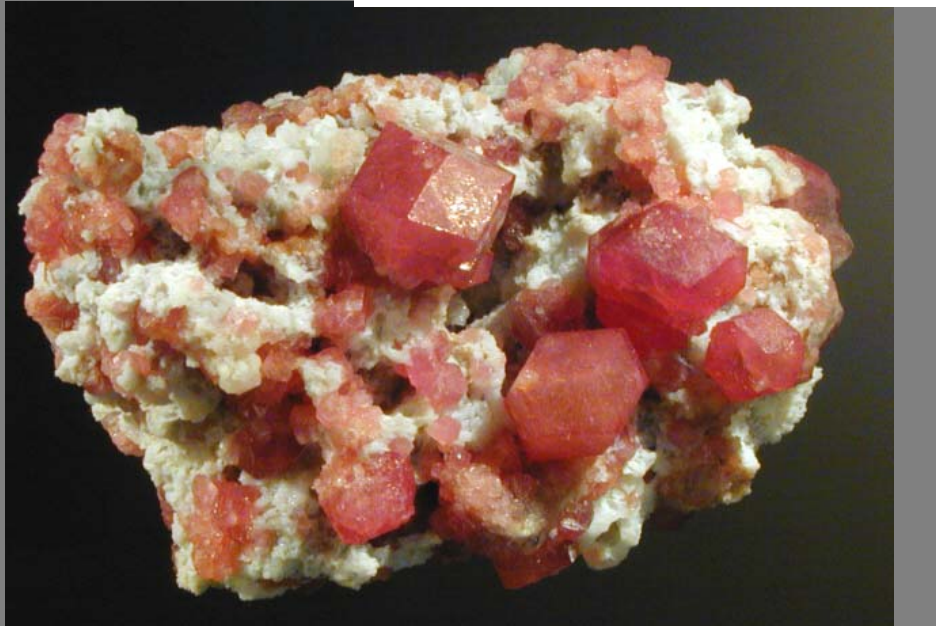
Por tanto, el tamaño máximo del catión X depende a su vez del tamaño del catión Y acompañante.

- El enlace Si-O (covalente), mientras que los cationes en coordinación 6 y 8 tienen enlace predominantemente iónico.
- Mg muy pequeño para una coordinación 8 → INESTABILIDAD DEL PIROPO A BAJAS P → Manto superior
- El hueco de coordinación 8 grande hace posible que el Ca se acomode mejor a altas temperaturas. A bajas T las s.s. son limitadas

- **Octaedro YO_6 .** El catión Y (Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} ; radios iónicos entre 0.5 y 1.05 Å)
- Está sólo ligeramente distorsionado.
- **Todas las distancias Y-O son equivalentes.**
- Por tanto, la forma y distorsión del octaedro depende del tamaño de los cationes X e Y.
- **Dodecaedro triangular XO_8 .** El tamaño máximo del catión X (Mg, Mn, Fe^{2+} Ca; radios iónicos entre 0.8 y 1.1 Å) depende del tamaño del catión Y.
- El dodecaedro está ligeramente distorsionado
- **Todas las distancias X-O no son equivalentes.**
- Las dimensiones de las aristas del dodecaedro aumentan linealmente con el radio del catión X y disminuyen al aumentar el radio del catión Y en los granates cálcicos.



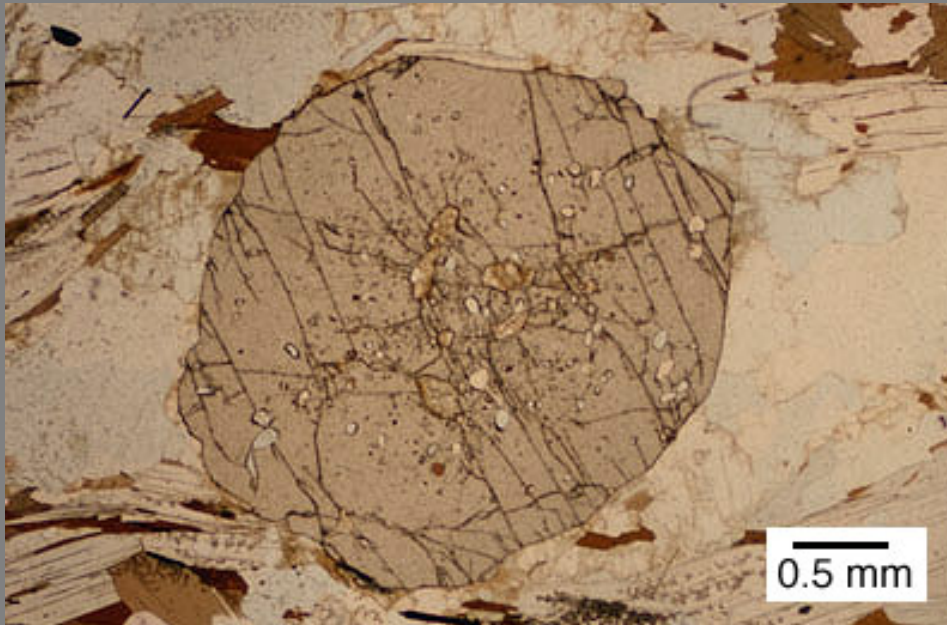
Granates isótopos



PROPIEDADES

Los granates de la serie de la pirlaspita son **generalmente isótropos**, aunque la espesartina puede presentar débil anisotropía.

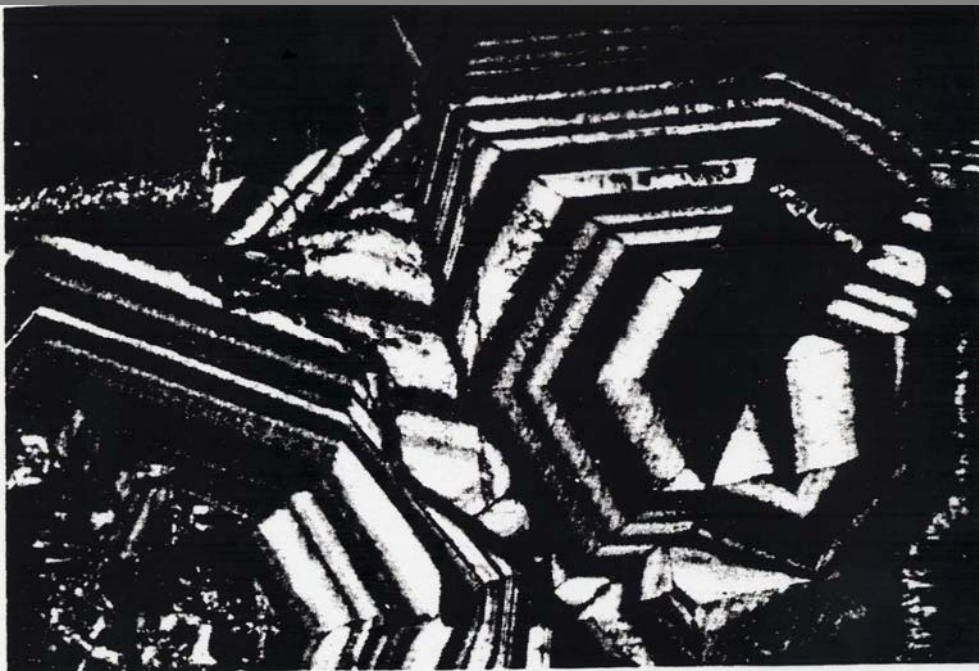
La serie de la **ugrandita** presenta débil birrefringencia.



Granates isótropos



Granates anisótopos



Las causas de esta anisotropía son:

- La sustitución parcial de Si^{4+} por 4H^+ . \rightarrow presencia de esfuerzos residuales en la estructura.
- Sustitución de cationes divalentes (Ca) por tierras raras, que entran en los dodecaedros XO_8 .
- Ordenación de cationes octaédricos, \rightarrow reducción de la simetría \rightarrow A ortorrómbica o trigonal.
- Los granates anisótropos se vuelven isotrópicos por calentamiento ($>860^\circ\text{C}$).

Granates metamórficos → zonados.

Este zonado puede desarrollarse **durante o después** del crecimiento del cristal:

- Segregación y fraccionamiento preferencial de iones durante el crecimiento.
- Difusión intragranular de iones dentro del granate.
- Difusión intergranular entre el granate y la matriz.

Los granates cálcicos de **yacimientos hidrotermales y de skarn** presentan **zonaciones composicionales**, que pueden ser de carácter gradual u oscilatorio.



La presencia de **maclas** → la existencia de tensiones internas en la estructura.

El **hábito** → se modifica en función de la relación entre los radios de los cationes di y trivalentes y de los parámetros de celdilla:

- Al, Fe, Mn --> Triquisoctaedro trapezoidal
- Al, Ca --> Rombododecaedro
- Ca, Fe --> Formas compuestas

El **color** en los granates es función de la **presencia de elementos de transición**, → impurezas o en cualquiera de las posiciones estructurales (tetraedro, octaedro o dodecaedro).

GÉNESIS

- → Rocas de metamorfismo regional
- → Metasomáticas (skarns).
- → Rocas ígneas peraluminicas
- → kimberlitas (piropo).
- → Por su alta resistencia mecánica pueden aparecer en placeres.

ESTAUROLITA

$$(\text{Fe}^{2+})_2 \text{Al}_9\text{O}_6(\text{SiO}_4)_4(\text{O}, \text{OH})_2$$

- Nesosilicato que cristaliza en el sistema monoclinico (pseudorrómbico)
- Composición química
- **No** se producen sustituciones de Si por ningún otro catión en los tetraedros.
- Fe → por Mg, Zn, Co o Li.
- Al → por Fe³⁺, Ti y Cr.
- **Elevados contenidos en (Al, Fe³⁺) están asociados a bajos contenidos en (Fe²⁺, OH).**



MACLAS EN ESTAUIROLITA





Propiedades



ESTAUROLITA, N //



ESTAUROLITA, N X

El **color** está relacionado con el contenido en Ti. **Hábito** prismático y **extinción recta**. Alto **relieve** y baja **birrefringencia**. El **índice de refracción** y la **densidad** aumentan con el contenido en Fe, disminuyendo el ángulo $2V$.

Pleocroísmo en tonos amarillos. Las variedades ricas en Co presentan pleocroísmo intenso entre azul cobalto y violeta.

Génesis

- Mineral característico de **metamorfismo regional en esquistos de grado medio**, derivados de sedimentos arcillosos.
- Asociado generalmente con almandino, moscovita, distena y cuarzo.
- Puede aparecer también asociada a cloritoide **en el tránsito grado bajo-grado medio.**

Topacio : $\text{SiO}_4 \text{Al}_2 (\text{OH}, \text{F})_2$, cristaliza en el sistema rómbico.



La composición química y las propiedades son función del contenido en grupos OH (F hasta un 30%)

Son incoloros o amarillos. A veces con tonos azulados o verdosos. Más raramente de color rojo-vino.

El color y la dureza hacen que sea utilizado como gema.



- Génesis

- Accesorio en rocas ígneas ácidas (granitos, pegmatitas graníticas, etc.).
- Filones neumatolíticos, asociados a la formación de greisens, con Q, fluorita, turmalina, berilo, moscovita.
- Depósitos de bauxitas metamorfizadas.
- - Como mineral pesado en sedimentos detríticos.