

NESOSILICATOS-4

***GRUPO DE LOS NESOSILICATOS
ALUMINICOS: Andalucita,
Sillimanita, Distena o Kianita**
***CLORITOIDE**

Magdalena Rodas

Introducción

- De acuerdo a los esquemas de clasificación propuestos por ZOLTAI (1960) y LIEBAU (1985), sólo la **andalucita** y la **distena** pueden considerarse como auténticos nesosilicatos
- → silicatos con tetraedros aislados.
- **La sillimanita**, sin embargo, posee tetraedros $[AlO_4]$ y $[SiO_4]$ alternantes que comparten vértices, por lo que debería considerarse como un silicato aluminico de cadena doble de periodicidad igual a 1.

ANDALUCITA, SILLIMANITA Y DISTENA (Al_2SiO_5)

- Minerales petrogenéticos de amplia difusión
- Proporcionan uno de los ejemplos de polimorfismo mejor conocidos.

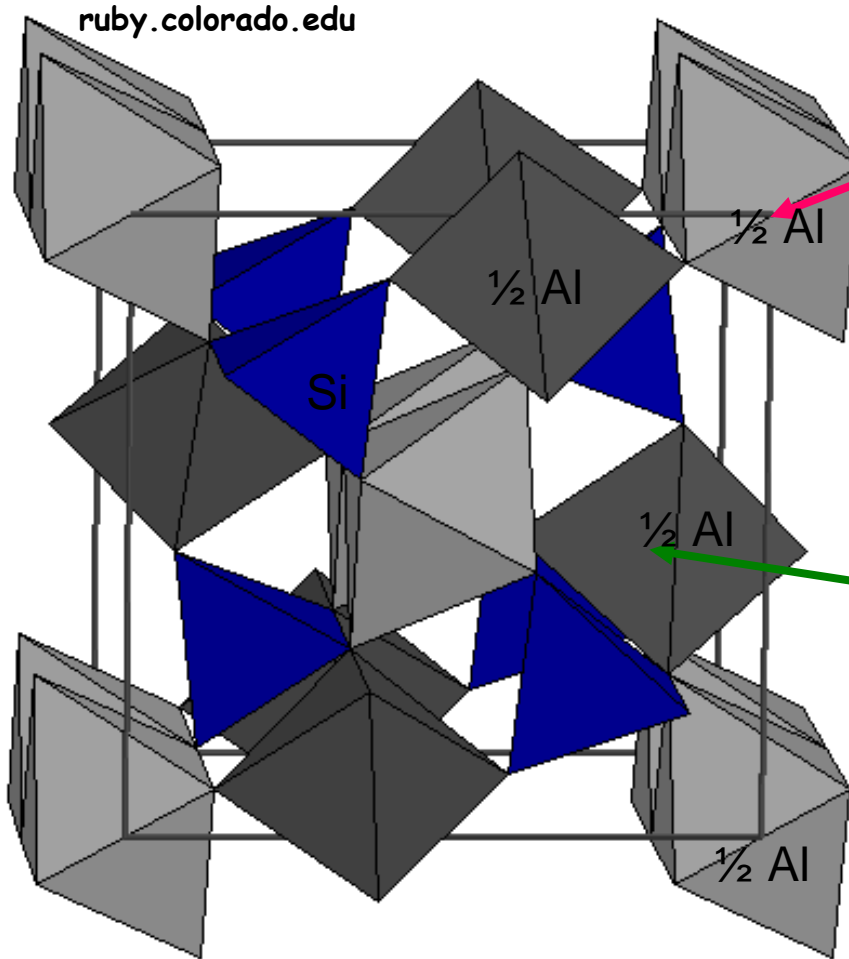
Por su abundancia en rocas metapelíticas

- Tienen gran importancia en Petrología Metamórfica
- Han sido usados para calibrar diversos geotermómetros y geobarómetros.

Estructuras

- Las estructuras de los tres polimorfos del Al_2SiO_5 presentan el Si en coordinación tetraédrica y cada uno tiene un átomo de Al, por fórmula unidad, en coordinación octaédrica.
- La principal diferencia entre los tres radica en la coordinación del Al restante, que está:
 - AL NC = 4 en la sillimanita
 - AL NC = 5 en andalucita
 - AL NC = 6 en distena

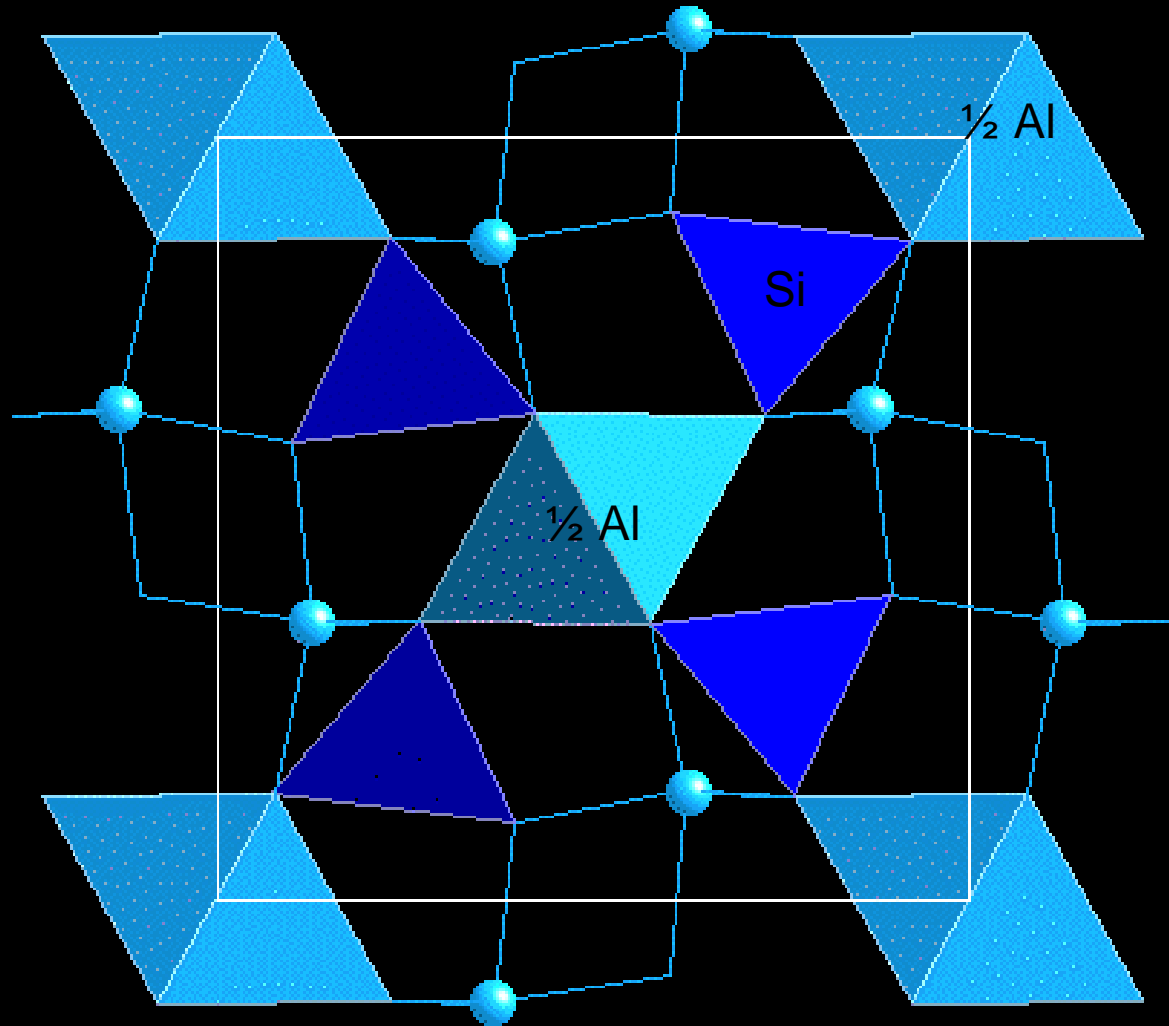
ESTRUCTURAS: Andalucita



Presenta una cadena recta de octaedros que se dispone paralelamente al eje "c", compartiendo aristas, **con sólo la mitad del Al. (Nc=6) (M1)**

Las cadenas adyacentes están conectadas por pares de bipyramides trigonales distorsionadas que comparten una arista y en las que se dispone la **otra mitad del Al en coordinación 5 irregular (M2)**

El predominio de las cadenas según [001] en la andalucita le confiere un **hábito prismático según {110}** y las **exfoliaciones según {110} y {100}** que son paralelas a las cadenas.



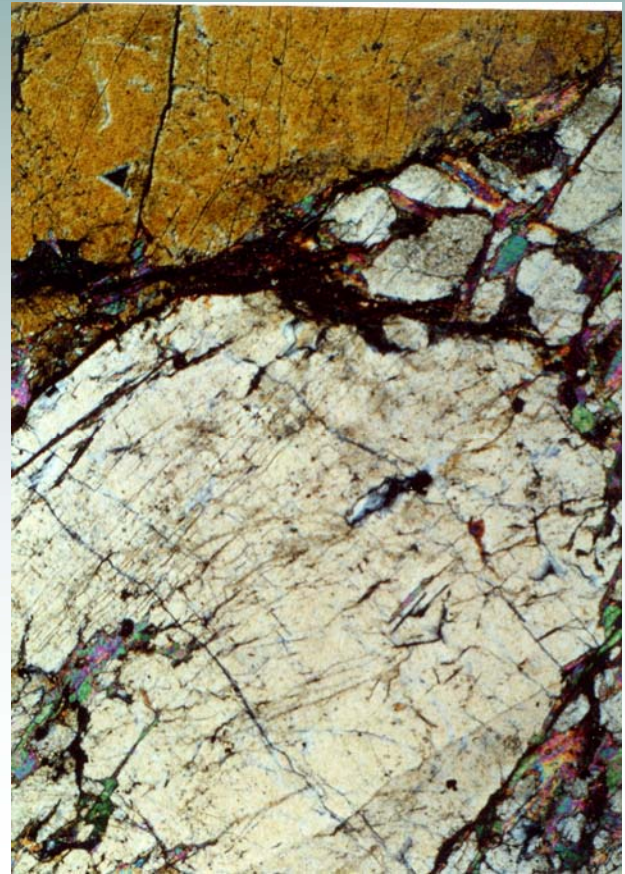
Tomado de : 3dchem.com

ANDALUCITA

Composición química

- Mn^{3+} , Fe^{3+} y Fe^{2+} pueden sustituir al Al \rightarrow M1 en coordinación 6
- Mn y Fe en menores cantidades \rightarrow M2 con coordinación 5.

- **La andalucita** : Tiene un **relieve** moderadamente alto
- Una **birrefringencia** relativamente baja; debido al escaso contenido en metales de transición, el mineral es normalmente incoloro en lámina delgada.
- Las andalucitas con un mayor contenido en Fe^{3+} poseen un pleocroismo rosa. Un contenido elevado en Mn^{3+} provoca una coloración verdosa, con pleocroismo en tonos de verde-amarillo.



Génesis

- En rocas pelíticas metamorizadas de grado medio.
- En rocas ígneas peraluminicas y en pegmatitas.
- En las rocas metamórficas puede presentar dos hábitos distintos:

**-1.- Cristales anhedrales
poiquiloblasticos**

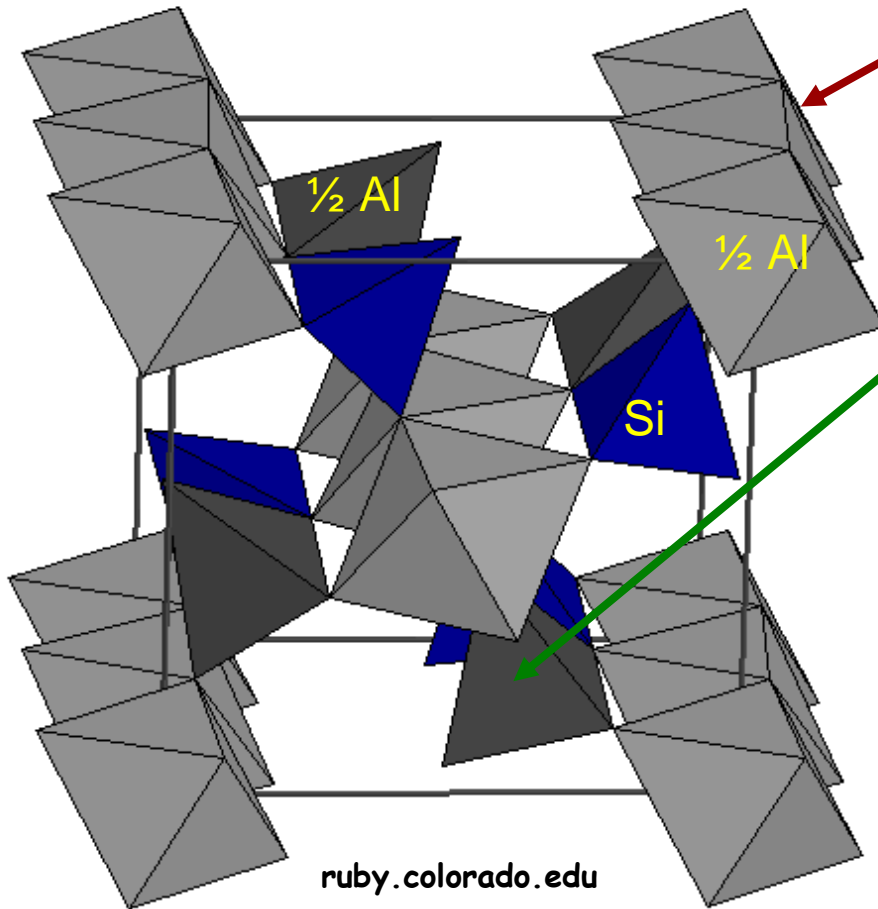


Cristales alargados limitados por caras $\{110\}$ de prisma, que en secciones (001) presentan inclusiones carbonosas características en forma de cruz)

- → **QUIASTOLITA** .
- Además de la forma en cruz, algunas quiastolitas presentan núcleos cuadrados con inclusiones
- → Constituidas frecuentemente por grafito, mica blanca y cuarzo.



SILLIMANITA

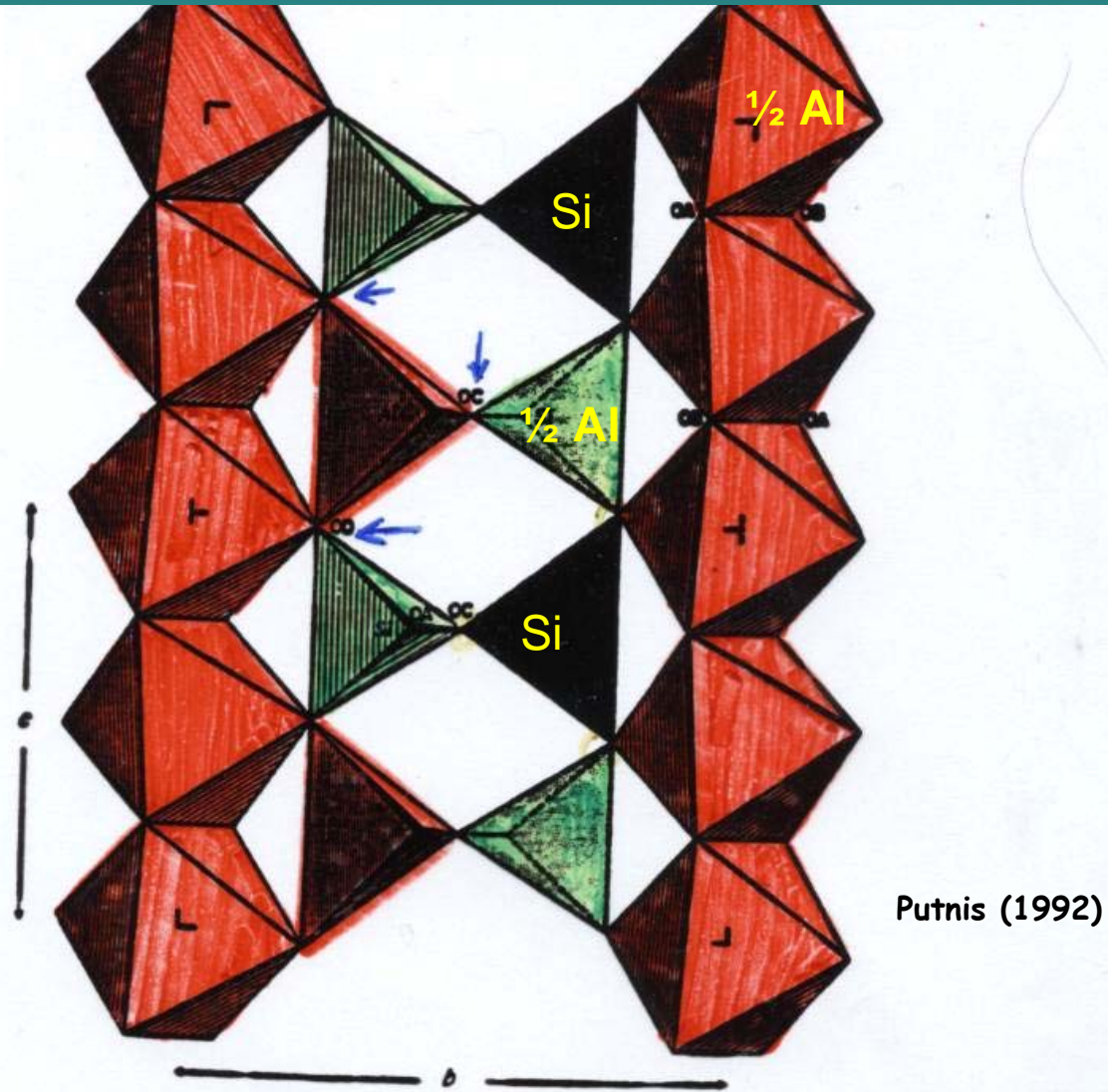


- Sillimanita presenta cadenas rectas de octaedros $[AlO_6]$ compartiendo aristas y paralelas a $[001]$.
- La mitad del Al está en coordinación 4
- Cada tetraedro $[AlO_4]$ comparte tres vértices con los tetraedros $[SiO_4]$ y viceversa, formando una única cadena doble.
- Pequeñas cantidades de Fe, Cr y Ti pueden aparecer en la sillimanita sustituyendo al Al.

Puede presentarse con dos hábitos distintos: como cristales prismáticos o como agregados de cristales aciculares o fibrosos. El término "fibrolita" se aplica a la fase fibrosa de grano fino

$\frac{1}{2}$ Al en
coordinación 6

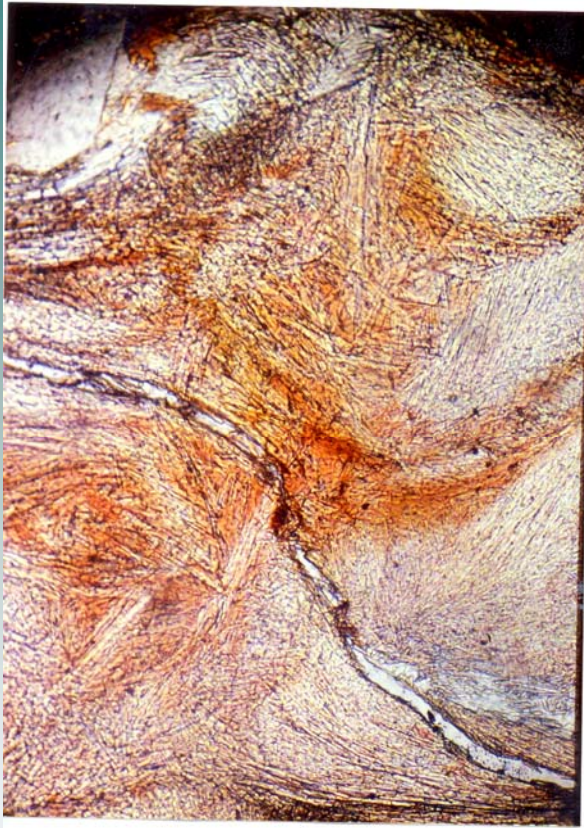
$\frac{1}{2}$ Al en
coordinación 4



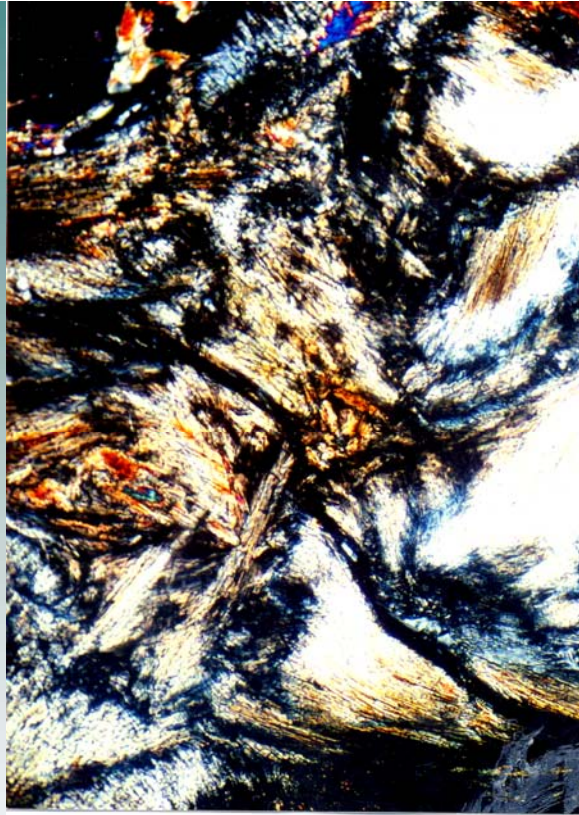
Putnis (1992)

Proyección de la estructura de la sillimanita perpendicular al eje a

Sillimanita: propiedades



SILLIMANITA (FIBROLITA), N //

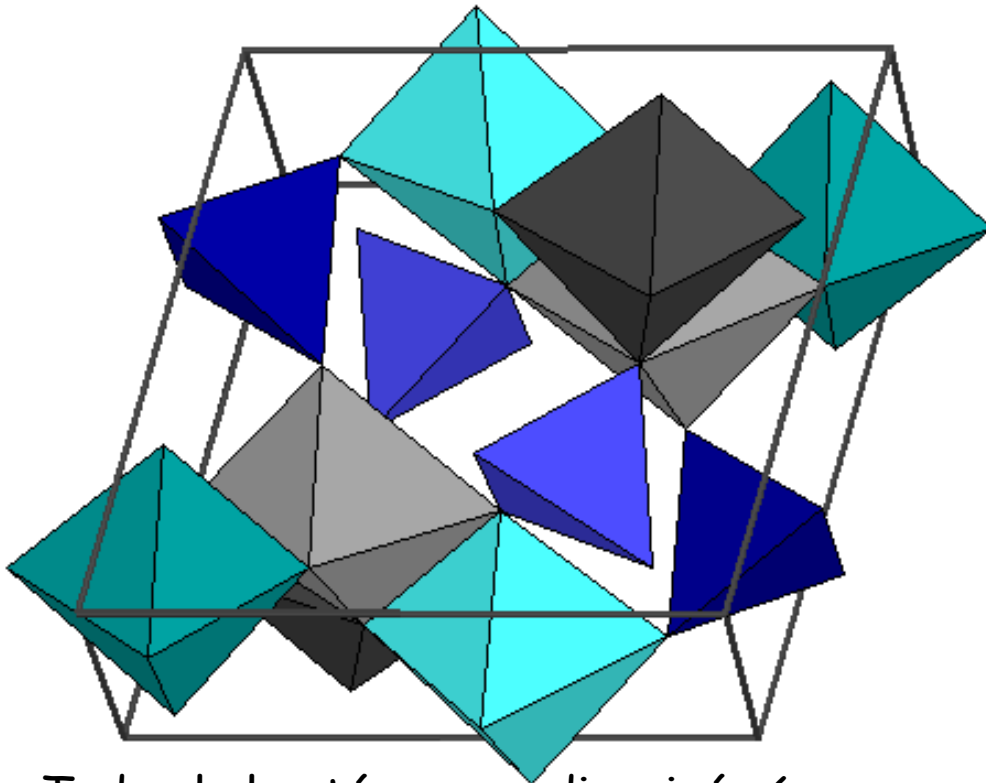


SILLIMANITA (FIBROLITA), N X

Presenta altos índices de refracción y elevado relieve birrefringencia más alta que la andalucita.

Típico de rocas metamórficas de **grado alto** de origen pelítico aunque puede aparecer **en la zona de mayor temperatura del grado medio**. También puede presentarse en rocas ígneas peraluminicas y, más raramente, en pegmatitas.

DISTENA O KYANITA



Todo el Al está en coordinación 6

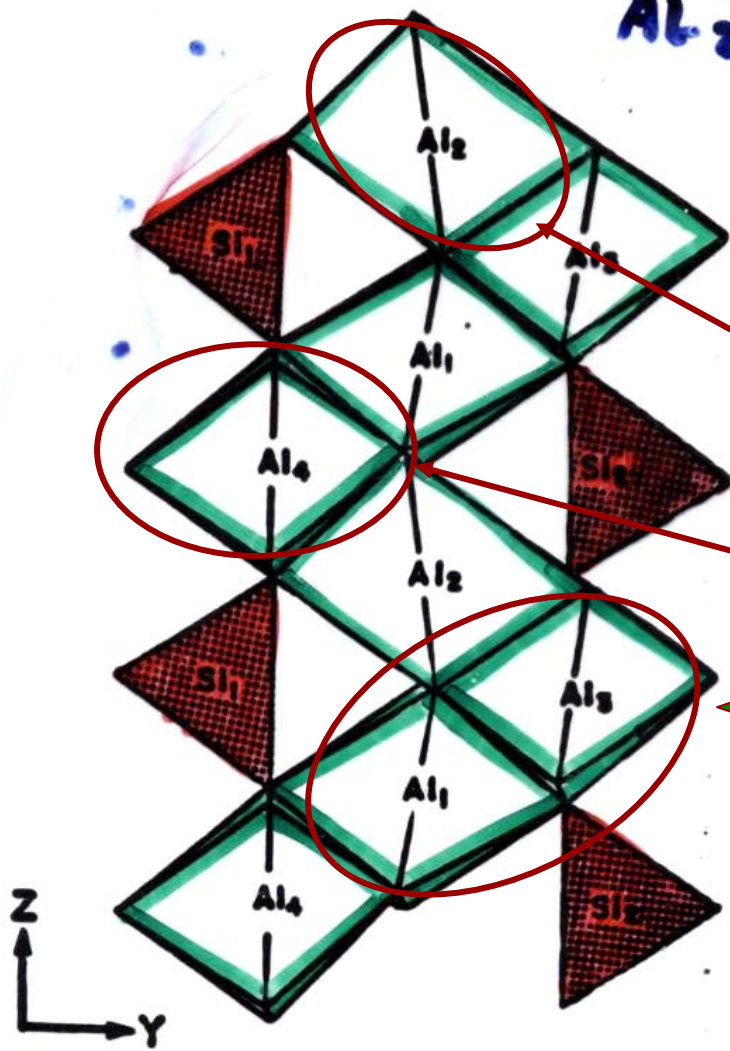
Tomado de : ruby.colorado.edu

Polimorfo de alta P y es aprox. un 10% más densa que los otros dos.

La estructura es la más sencilla, basada en un empaquetado cúbico compacto de oxígenos distorsionado.

En este empaquetado de oxígenos, un 10% de los huecos tetraédricos están ocupados por Si y un 40% de los huecos octaédricos están ocupados por Al.

DISTENA O KYANITA



Tomado de: Ribbe (1982)

- Todo el Al se dispone en cadenas de octaedros en zig-zag compartiendo aristas y paralelas a [001].
- De los $[\text{AlO}_6]$, dos octaedros (Al_1 y Al_3) comparten cinco aristas y otros dos (Al_2 y Al_4) sólo cuatro.

Composición química y propiedades

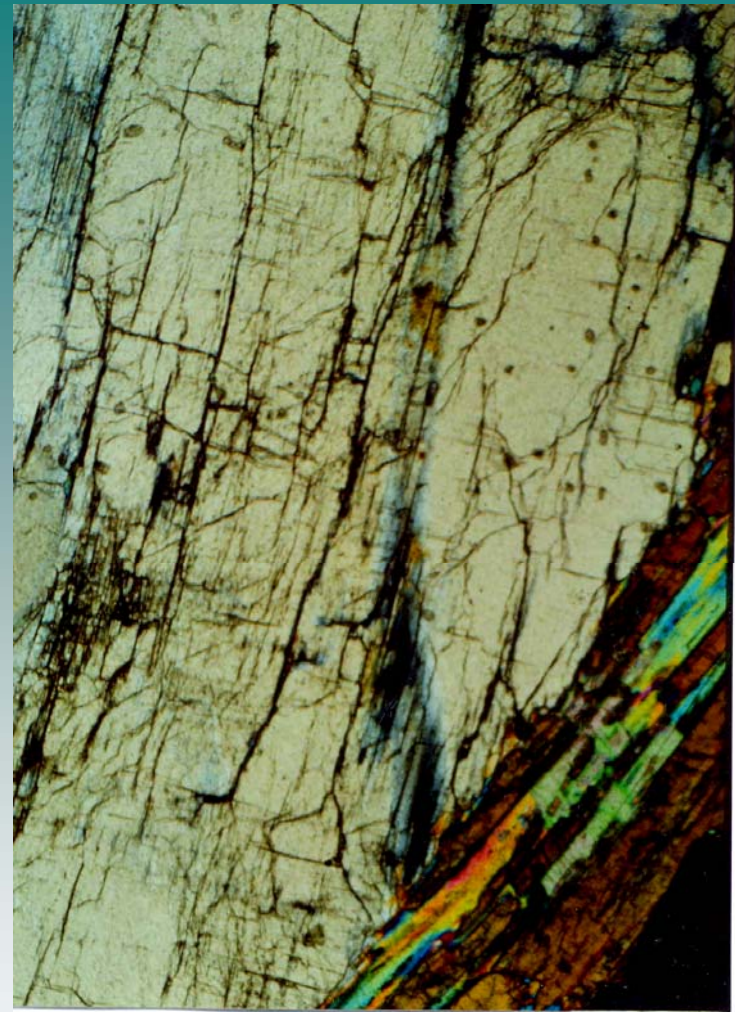


Incoloras, debido al bajo contenido en elementos de transición;

En muestra de mano la distena presenta una coloración azul celeste → presencia de pequeñas cantidades de metales de transición en solución sólida.

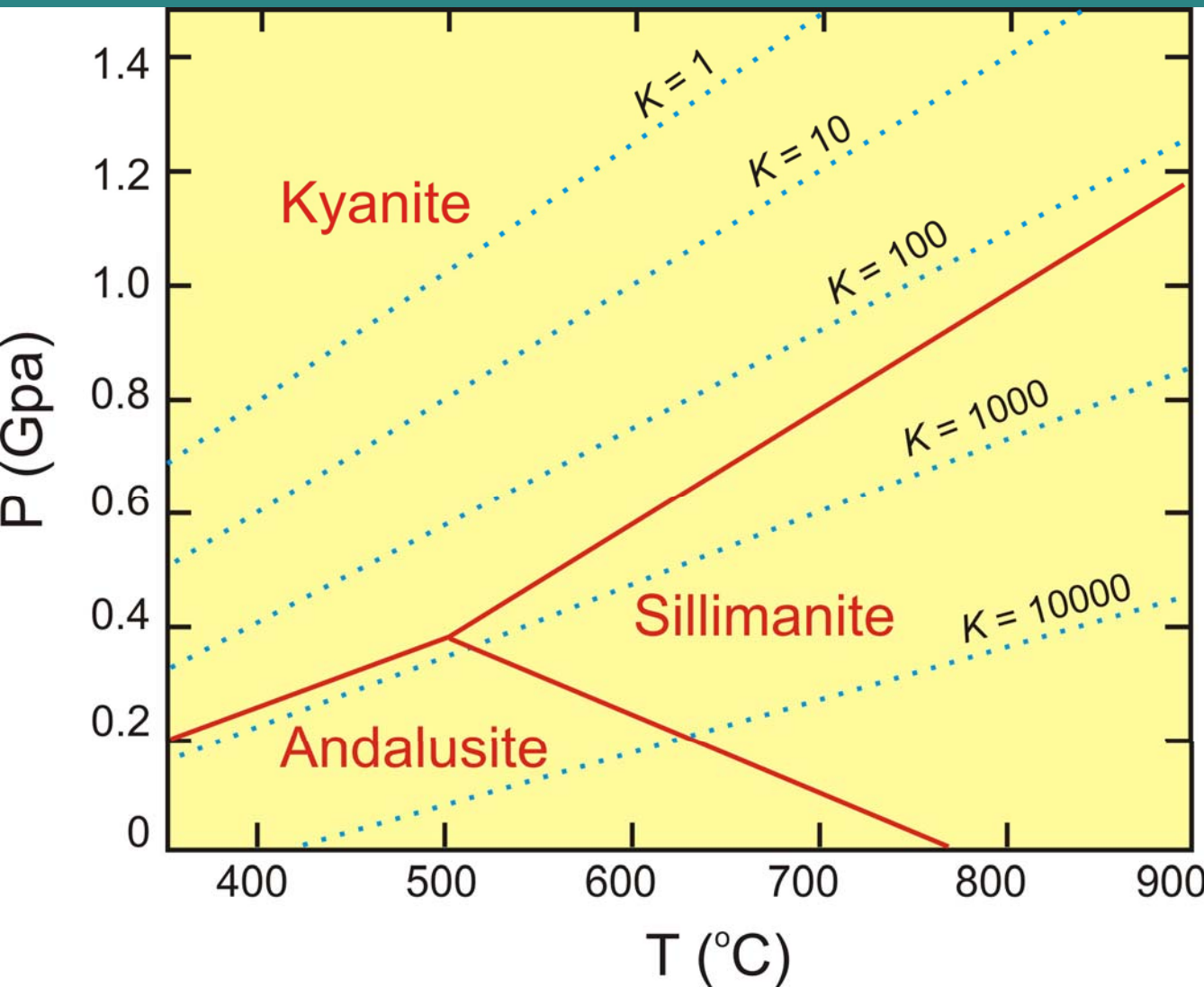


DISTENA, N //



DISTENA, N X

Hábito: Hojoso o prismático. Exfoliación: Buena (90°). Color: gris azulado.
Pleocroísmo: A veces visible en tonos azulados. Relieve: Alto.
Birrefringencia: baja. Maclas: Frecuentes. Carácter óptico: Biáxico (-)

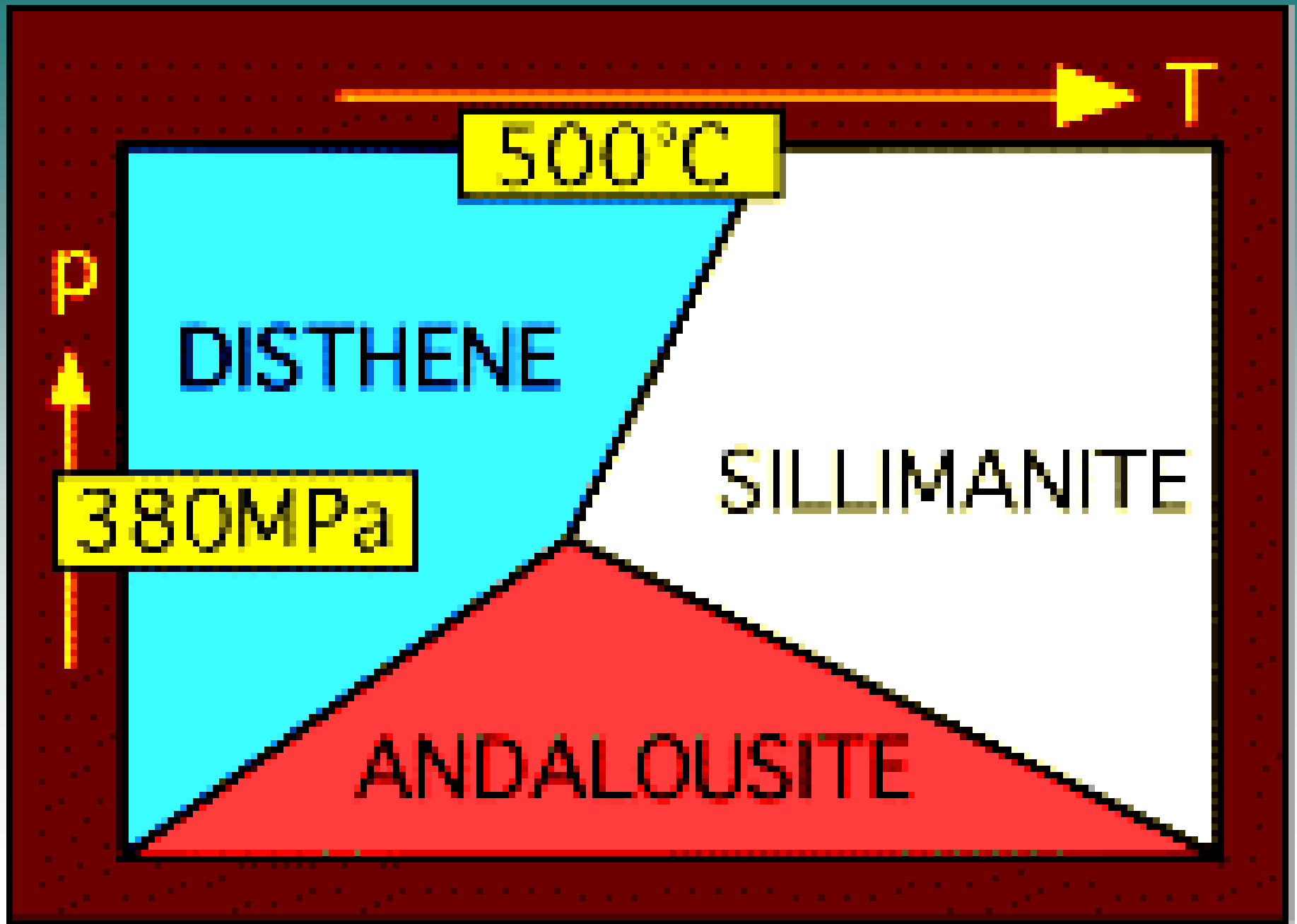


Cualquier transformación de una en otra conlleva la ruptura de enlaces Si-O y Al-O, y por lo tanto son **TRANSFORMACIONES RECONSTRUCTIVAS**.

- El que se forme un polimorfo estable o metaestable dependerá de sus tasas relativas de nucleación y crecimiento

- Las estructuras de los tres polimorfos, presentan algunas características comunes.
- Cualquier transformación de una en otra conlleva la **ruptura de enlaces Si-O y Al-O**, y por lo tanto son

**TRANSFORMACIONES
RECONSTRUCTIVAS.**



La aparición de los polimorfos en la naturaleza está determinada por:

- Termodinámica de las fases en si mismas → (que conducen a la posibilidad de crecimiento metaestable)
- Termodinámica del proceso → El mecanismo de transformación de una en otra (que origina la persistencia metaestable de las fases)

La coexistencia de 2 o 3 polimorfos en la naturaleza sugiere que estos factores puedan actuar conjuntamente.

Roca → Cambio polimorfo de una fase en otra → Reacciones con intervención de otros minerales y el agua. → Afecta a la cinética de la transformación y al quimismo de las fases

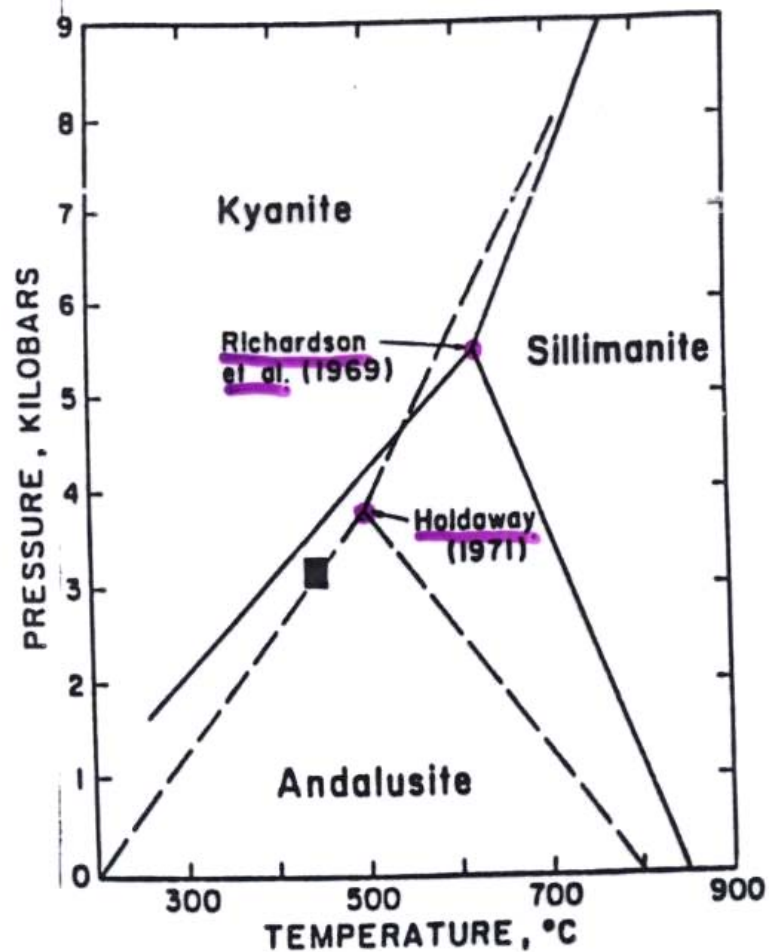


Figure 1. Experimental phase diagrams for the aluminum silicate polymorphs determined by Richardson et al. (1969) [solid lines] and Holdaway (1971) [dashed lines]. The rectangle represents the triple point at $P = 3.0 - 3.2$ kbar, $T = 420 - 440^\circ\text{C}$ determined from lattice vibrations (phonon spectra) by Salje and Werneke (1982).

Factores que afectan a la estabilidad:

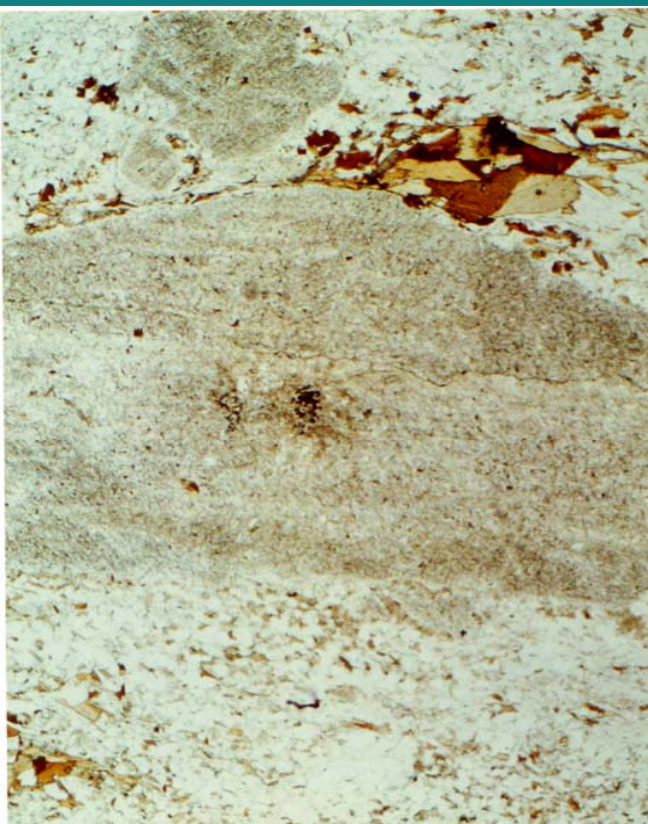
1. Tamaño de grano diferentes
2. Que existan elementos minoritarios en solución sólida (Fe, Mn..)
3. Desorden en la distribución del Si en el tetraedro en la Sillimanita

- **En conclusión**, la aparición de los polimorfos en la Naturaleza está determinada **tanto** por:
 - → **La termodinámica de las fases en si mismas (que conducen a la posibilidad de crecimiento metaestable)**
 - → **Como por el mecanismo de transformación de una en otra (que origina la persistencia metaestable de las fases).**
- En este ultimo caso, es también probable que el simple cambio polimórfico de una fase en otra tenga lugar por reacciones en las que intervengan otros minerales.
- El papel de los fluidos es de importancia capital, ya que no sólo afectan a la cinética de la transformación actuando como catalizadores, sino también al quimismo de las fases.

	COMPOSICIÓN QUIMICA	HABITO. RELIEVE, COLOR PLEOCROISMO, BIRREFRINGENCIA	GÉNESIS
ANDALUCITA	Al → Mn, Fe ³⁺ , Fe ²⁺	Prismatico. Relieve moderadamente alto. Incolora. Rosa, (Fe ³⁺), verde (Mn ³⁺) Pleocroica en tonos rosa o verdes Birrefringencia baja	En rocas pelíticas, metamorfozadas, Metamorfismo de contacto o regional de baja P y baja T
SILLIMANITA	Al → Fe, Cr y Ti	Prismático. Fibrosa, buena exfoliación, Incolora, Relieve alto. Birrefringencia algo más alta Incolora.	Metamorfismo de contacto o regional de alta P y alta T
CIANITA O DISTENA	Al → Fe, Cr y Ti	Prismático. Fibrosa, buena exfoliación, Relieve alto. Birrefringencia algo más alta, Incolora. Gris (V). verde (Cr), naranja -amarillo (Mn), amarillo -verdoso (Fe ³⁺)	Metamorfismo de contacto o regional de alta P

CLORITOIDE

- Nesosilicato de fórmula $(\text{SiO}_4)^2 \text{Al}_4 \text{O}_2 (\text{Fe}, \text{Mg}) (\text{OH})_4$, que cristaliza en los sistemas monoclinico y triclinico.
- Composición química:
- El Fe^{2+} puede estar sustituido por Mg y Mn . El Fe^{3+} puede ser reemplazado por Al .
- Los cloritoides ricos en Mg son característicos de altas presiones.
- **Mineral típico de rocas de metamorfismo regional en grado bajo, derivadas de sedimentos arcillosos.**



Forma: Idiomorfo a subidiomorfo.
Hábito: Tabular. Exfoliación: Buena.
Color: De **incoloro a grisáceo** con tonos verdosos o azulados.
Pleocroísmo: Débil. Relieve: Alto. Extinción: Oblicua.
Birrefringencia: Baja. Maclas: Polisintéticas
Carácter óptico: Biáxico.