



**fcfm**

Geología  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Metamorfismo de bajo grado

Petrología Ígnea y Metamórfica GL5103-1, Otoño 2022

Profesor: Diego Morata

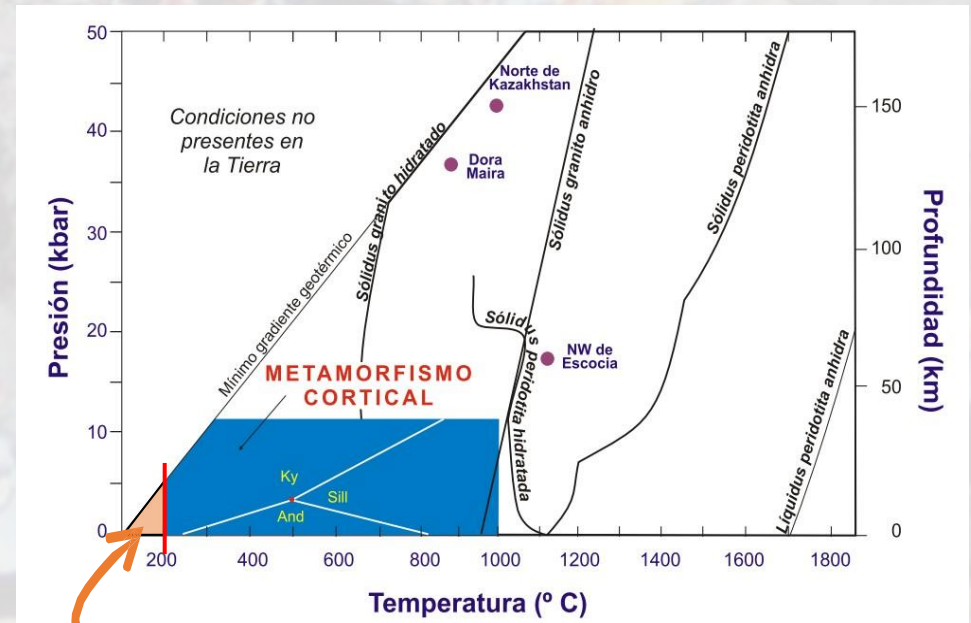
Auxiliar: Luis Naranjo

Ayudante: Javiera Terán



# Metamorfismo

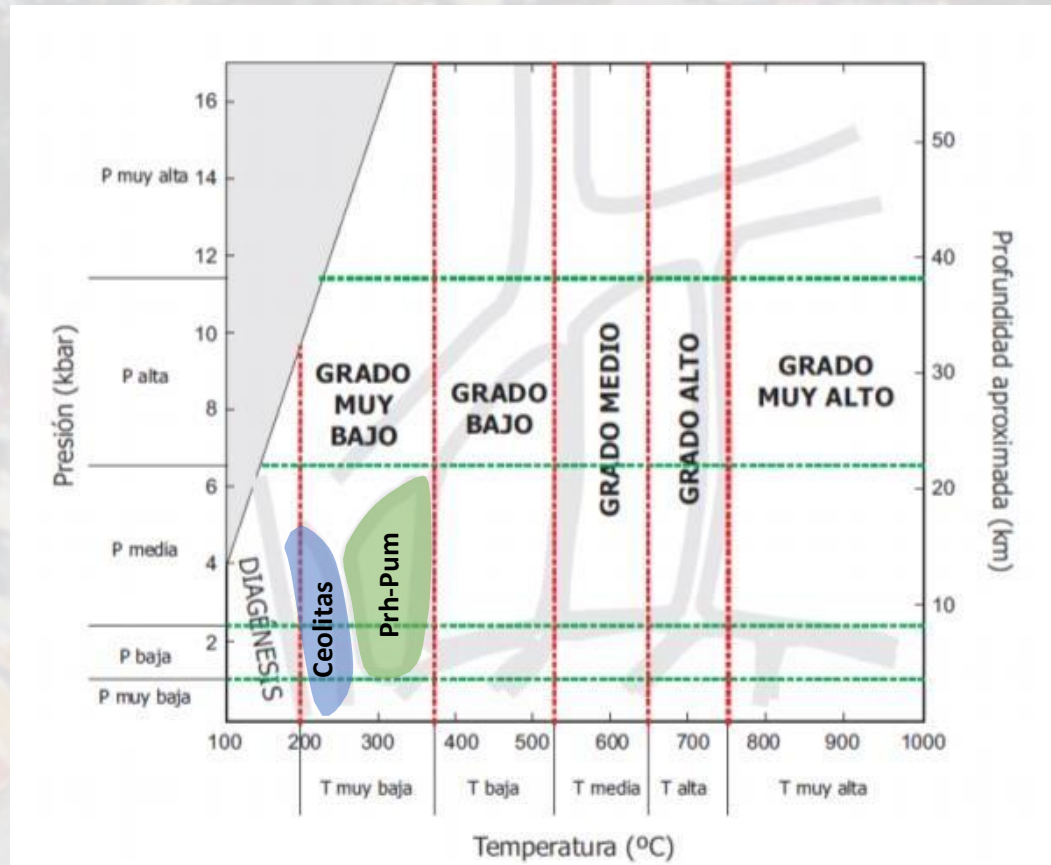
- Roca originalmente ígnea o sedimentaria
- Recristalización a estado sólido en respuestas a nuevas condiciones (P, T) en un tiempo t
- Pueden retener alguna característica del protolito, pero también se pueden desarrollar nuevos minerales y nuevas texturas
- Los factores responsables del cambios son la temperatura, la presión, presencia y composición de la fase fluida



Diagénesis: Cambios físicos y químicos en los sedimentos durante y después de su depositación; previo a su consolidación.



# Grado metamórfico





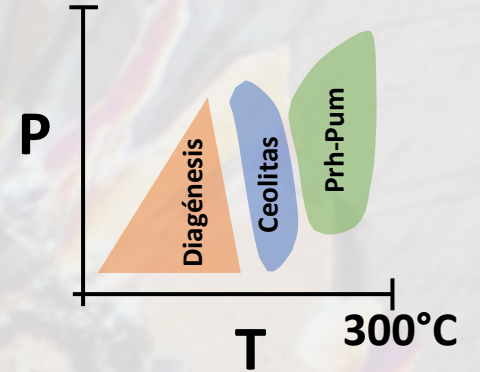
# Metamorfismo de bajo grado

## Características

- Temperatura  $< 300^{\circ}\text{C}$  (MBGM).
- Ausencia de deformación.
- Conservación de texturas primarias y composición química global de las rocas.
- Crecimiento de minerales secundarios en *metadominios*.
- Dificultad para definir texturas de equilibrio.

## ¿De qué depende?

- Temperatura
- Mineralogía primaria
- Composición global del protolito
- Naturaleza de la fase fluida
  - Filosilicatos + fluidos (Mg – Fe): clorita
  - Filosilicatos + fluidos (álcalis): illita
- Tiempo de permanencia de los fluidos.
- Cinética de reacción.
- Textura, permeabilidad y porosidad de la roca.



Se define metamorfismo de bajo grado para las facies de Ceolitas y Prehnita – Pumpellyta (Coombs, 1961).

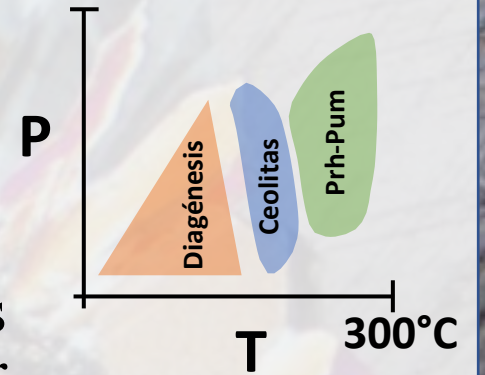
## Complicaciones

- Sobre – imposición de eventos
- Control del metadominio
- Actividad de los fluidos presentes
- Progreso de la reacción



# Complicaciones

- **Sobre-imposición de eventos:** Dos eventos metamórficos diferentes, e.g., metamorfismo de carga precedido por metamorfismo de contacto, complican la asignación de asociaciones mxs a un evento específico
- **Control del metadominio:** Algunas fases minerales (e.g., Pumpellyta) son muy sensibles y muestran importantes variaciones (químicas y ópticas) dependiendo del metadominio.
- **Actividad de los fluidos presentes:** Actividades de algunos componentes controlan la presencia de fases minerales (e.g., calcita inhibe la formación de prenhita debido a la elevada concentración de CO<sub>2</sub>).
- **Progreso de la reacción:** Asociadas a la determinación del progreso de reacciones (e.g., avance de Rx de esmectita a clorita).

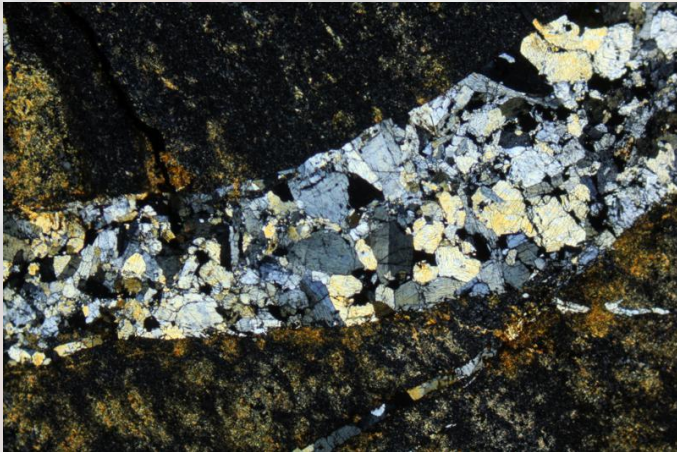




# Metadominio

Lugar dónde se ubica la mineralogía metamórfica dentro de la roca. Los más comunes son:

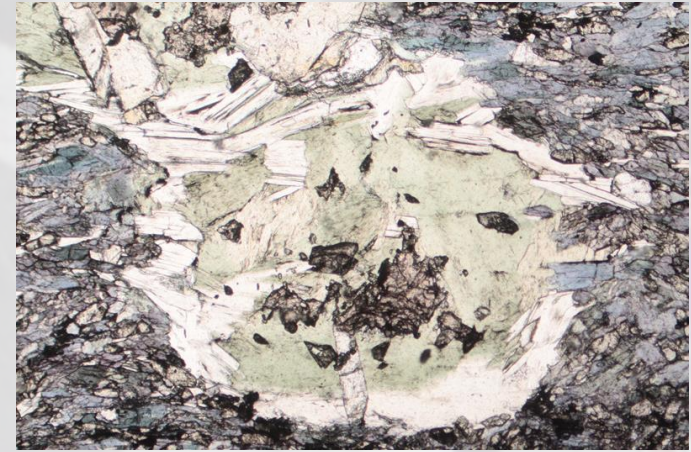
- **Vetillas**
- **Amígdalas**
- **Cristales** (fase mx particular).



**Vetilla de epidota**



**Amígdala**



**Grt pseudomorfizado por Clorita**



# Tipos de MMBG

- **Piso oceánico (100 – 500 °C/km)**

Circulación de fluidos en el fondo oceánico

- **Hidrotermal (80 – 160 °C/km)**

Fluidos intersticiales a alta temperatura, alta razón fluido/roca

- **Térmico (50 – 60 °C/km)**

Intrusiones en poca profundidad, análogo al de contacto, pero de menor temperatura.

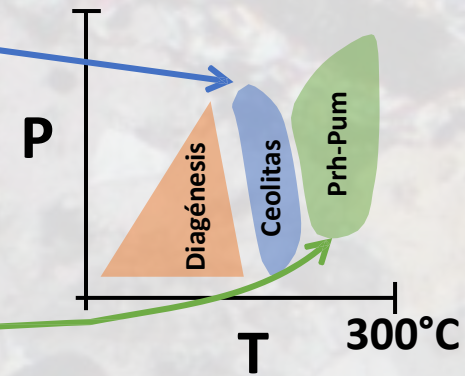
- **Carga (20 – 35 °C/km)**

Enterramiento en potentes secuencias volcano-sedimentarias



# Facies del MMBG

1. **Facie de Ceolitas**
2. **Facie de Prehnita – Pumpellyta**



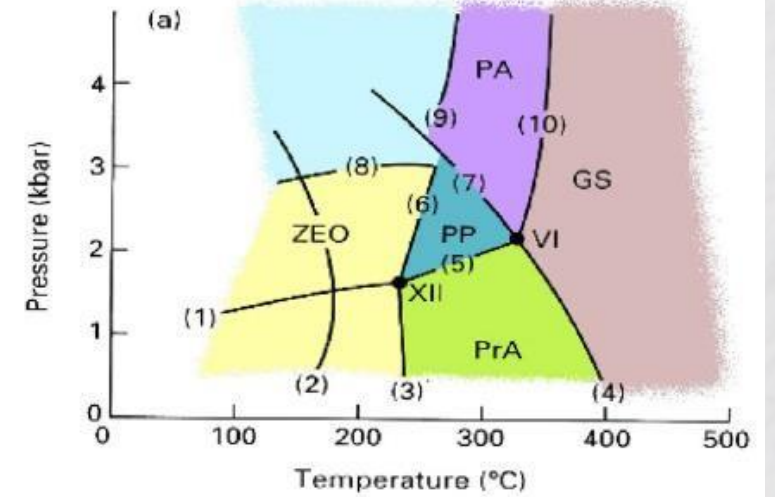
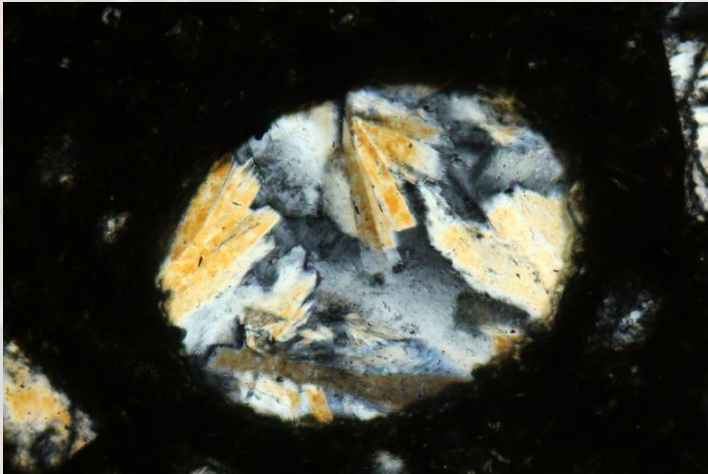
Facies / Protolito	Pelítico	Calcáreo	Máfico
<b>Ceolita</b> 100 – 200°C	Esmectita, clorita, calcita	Calcita	<b><u>Laumontita (Lm)</u></b> , calcita, esmectita, clorita
<b>Prehnita – Pumpellyta</b> 150 – 300 °C	Prehnita – Pumpellyta, calcita, clorita, albita	Calcita	Prehnita, Pumpellyta, calcita, clorita, albita



# Facies Ceolita

Definida por la **ocurrencia de ceolitas en protolitos máficos**; no diferenciable en metapelitas.

- **Ceolita de baja T**
- **Ceolita de alta T (\*)**



(\*) Límite está marcado por la aparición de laumontita a los 180 °C aprox.  
La presencia de Prh depende de la actividad de  $\text{CO}_2$  y se restringe a los dominios rico en Ca.



# Facies Prenhita-Pumpellyita

Se puede subdividir en 3 sub-facies según su asociación mineral característica:

1) **Prenhita – Pumpellyita (PP)**: Definida por la presencia de prenhita y pumpellyita en rocas de protolito máfico y por la presencia de illita, clorita y esmectita en rocas de protolito pelítico.

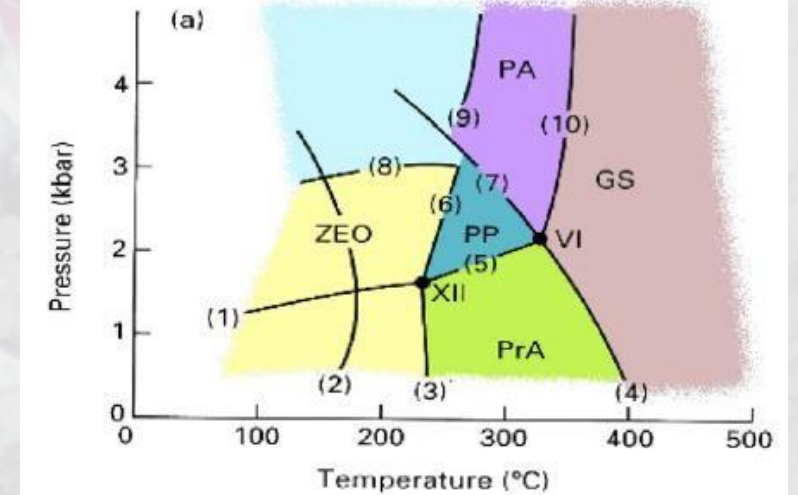
$Pum + Ep \pm Prh$ , ausencia de Lm y Act

2) **Prenhita – Actinolita (PrA)**: Definida por la presencia de pumpellyita + actinolita en rocas de protolito máfico.

$Prh + Act + Ep (+ Chl + Ab + Qtz + Tit)$ , ausencia de Pum

3) **Actinolita – Pumpellita (PA)**: Definida por la presencia de prenhita + actinolita en rocas de protolito máfico.

$Pm + Act + Ep (+ Chl + Ab + Qz)$





A microscopic view of mineral grains, likely mica, showing vibrant interference colors such as red, orange, yellow, and purple. The grains are arranged in a somewhat regular pattern on a dark, textured background. A dark horizontal band is overlaid across the center of the image, containing the word 'Mineralogía' in a yellow, serif font.

# Mineralogía



# Ceolita

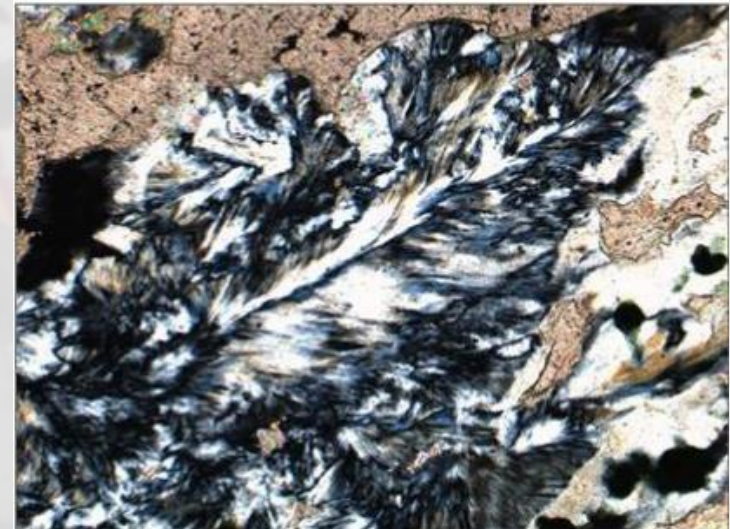
## Propiedades ópticas

N//

- Color: incoloro
- Relieve: bajo
- Hábito: **tabular, fibroso o radiales**

NX

- CI: de 1er orden
- Signo óptico: Uniaxial o Biaxial según variedad





# Pumpellyita

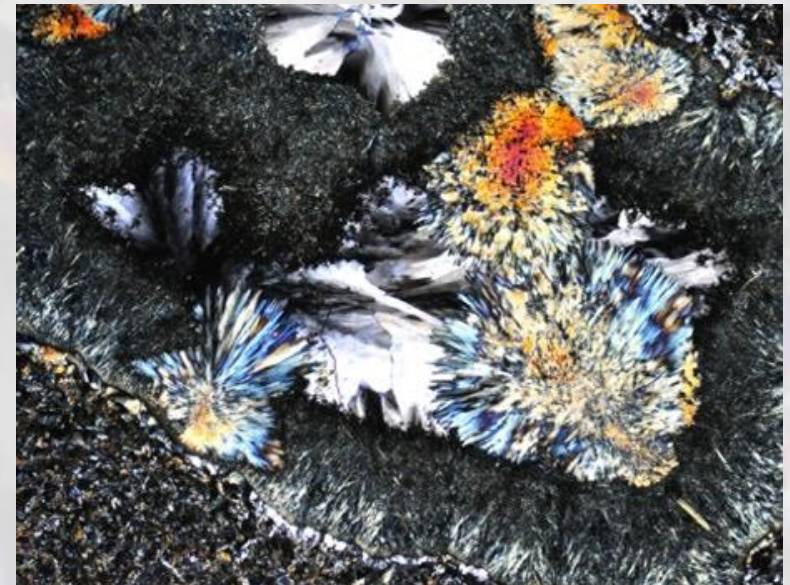
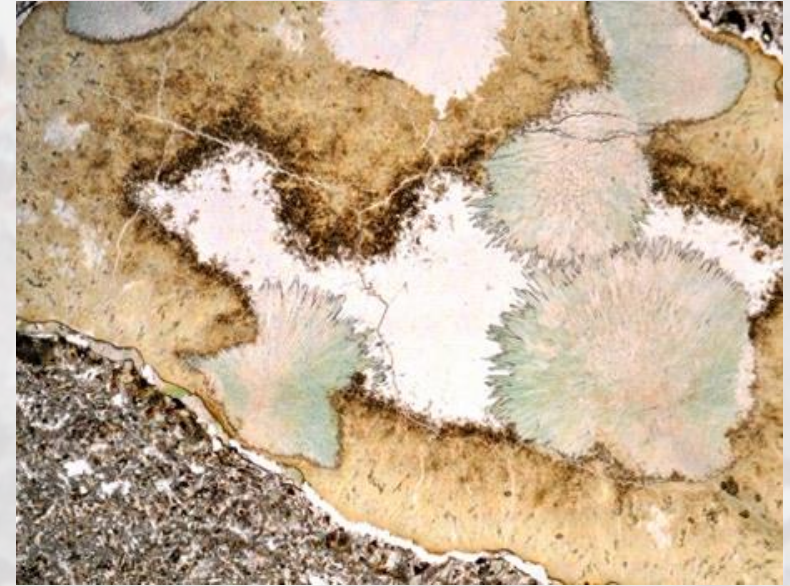
## Propiedades ópticas

**N//**

- Color: **verde manzana, amarillo a pálido**
- Relieve: **alto**
- Pleocroísmo: **fuerte**
- Hábito: cristales elongados, agregado fibroso (radiales) o masivos

**NX**

- Extinción: **atigrada**
- CI: **desde rojo de 1er orden hasta azul de segundo orden. Puede presentar colores anómalos (azul o marrón). El color de interferencia y los índices de refracción aumentan con el contenido de Fe.**





# Epidota

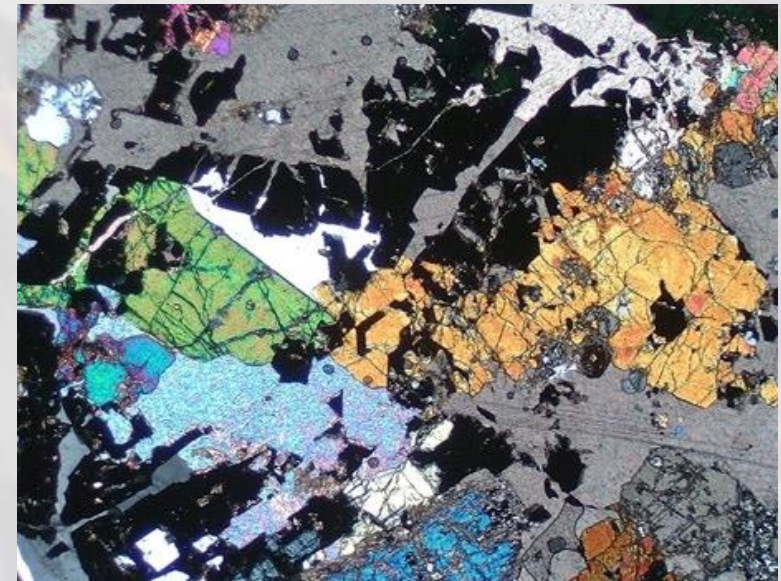
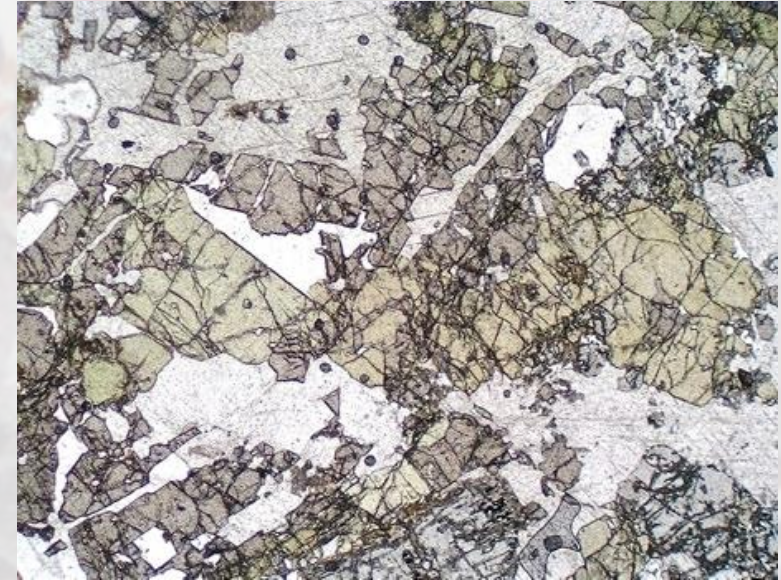
## Propiedades ópticas

N//

- Color: **inoloro, verde o amarillo, dependiendo de la cantidad de Fe**
- Relieve: **alto**
- Pleocroísmo: puede presentar según su contenido de Fe
- Hábito: **prismático, granular o lenticular**

NX

- CI: **hasta de 3° orden, aumenta con el contenido de Fe.**
- Manto de Arlequín**
- Extinción: **inclinada (25°-40°) y paralela (si es alargada)**
  - Signo óptico: **Biaxial -**





# Prehnita

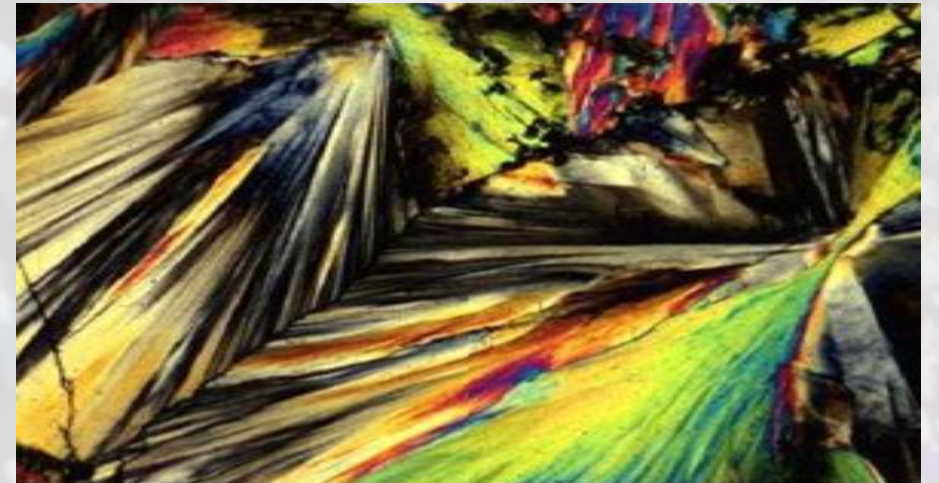
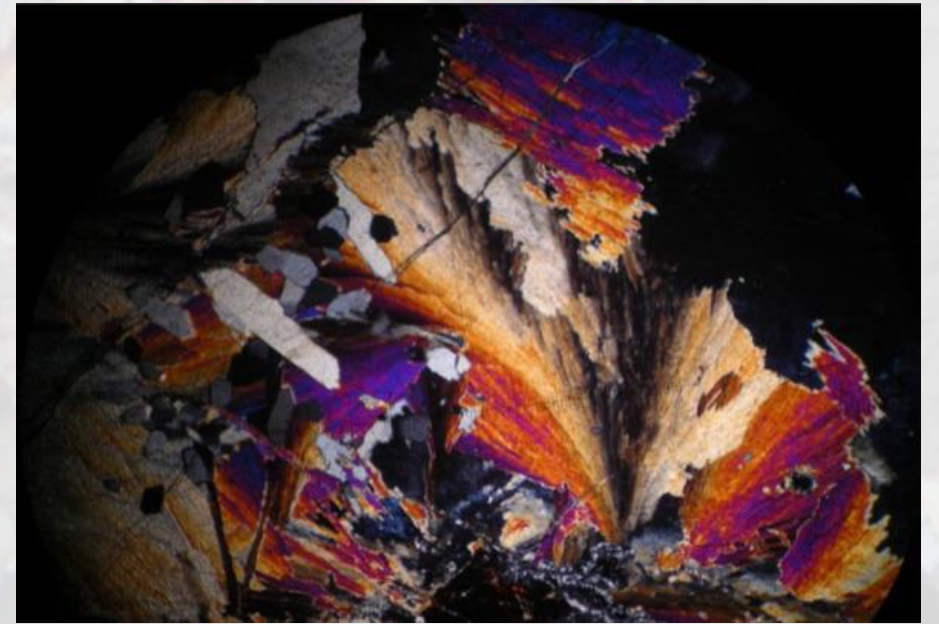
## Propiedades ópticas

N//

- Color: incoloro
- Relieve: medio
- Hábito: **cristales en agregados radiales, tabulares o columnares.**

NX

- CI: **hasta 2° orden**
- Extinción: **paralela en abanico**
- Signo óptico: **Biaxial (+)**





# Tremolita-Actinolita- Ferroactinolita

## Propiedades ópticas

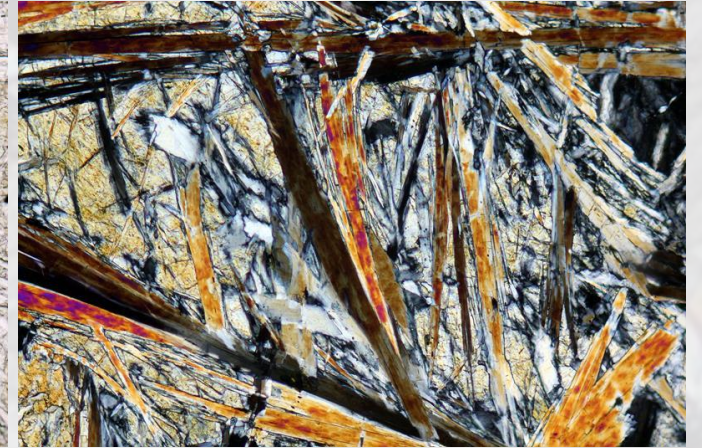
N//

- Color: incoloro, amarillo verdoso pálido, azul verdoso pálido, verde, verde pálido, verde azulado, verde oscuro.
- Pleocroísmo: **débil**
- Hábito: prismático
- Relieve: **moderado a alto relieve**
- Clivaje: en 1 o dos direcciones

NX

- CI: **hasta mitad de 2º orden.**
- Extinción: **entre 11 y 28º**
- Elongación: largo lento
- Signo óptico: Biaxial -

## Tremolita



## Actinolita





# Clorita

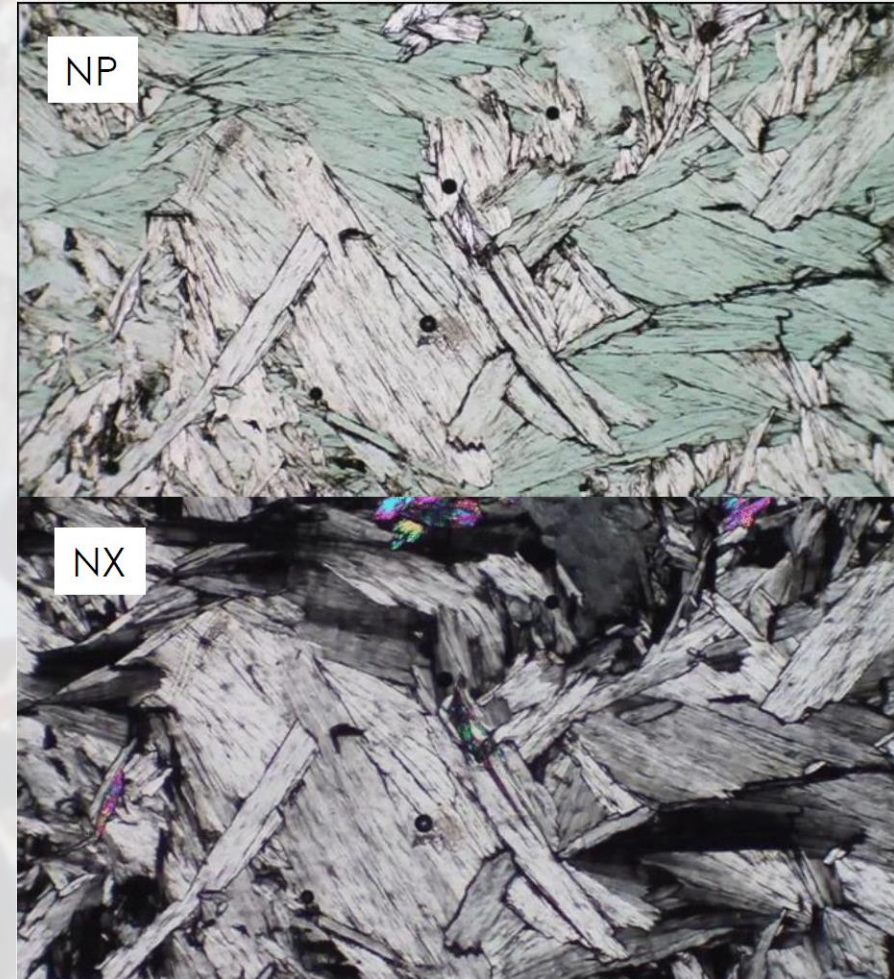
## Propiedades ópticas

**N//**

- Color: **ligeramente verdes a verdes medios**
- Pleocroísmo: débil a moderado → absorción E-W
- Hábito: tabular, micáceo, laminar o fibroso
- Relieve: bajo a medio
- Clivaje: en una dirección

**NX**

- CI: de 1° orden. **Usualmente anómalo (azul Berlín)**
- Extinción: paralela.





# Titanita

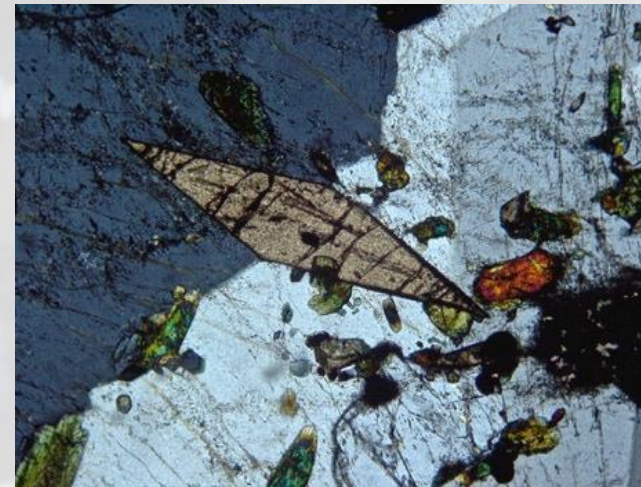
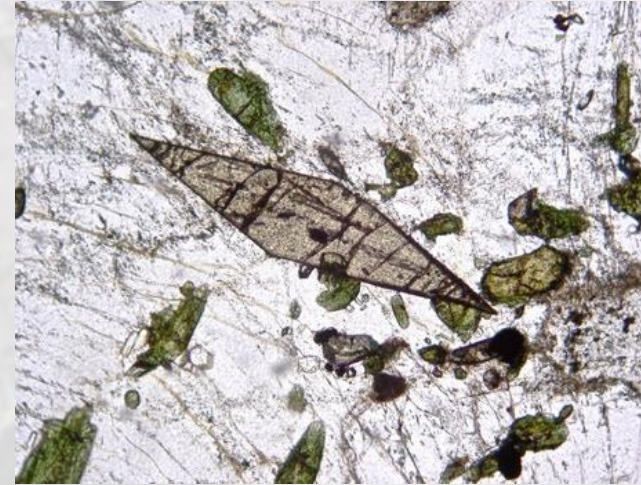
## Propiedades ópticas

N//

- Color: incoloro, amarillo, verdoso o marrón pálido
- Relieve: **muy alto**
- Forma: euhedral a subhedral, rombos

NX

- C.I: **enmascarado** por muy alta birrefringencia
- Extinción: **paralela** (sección rómbica)





# Piemontita

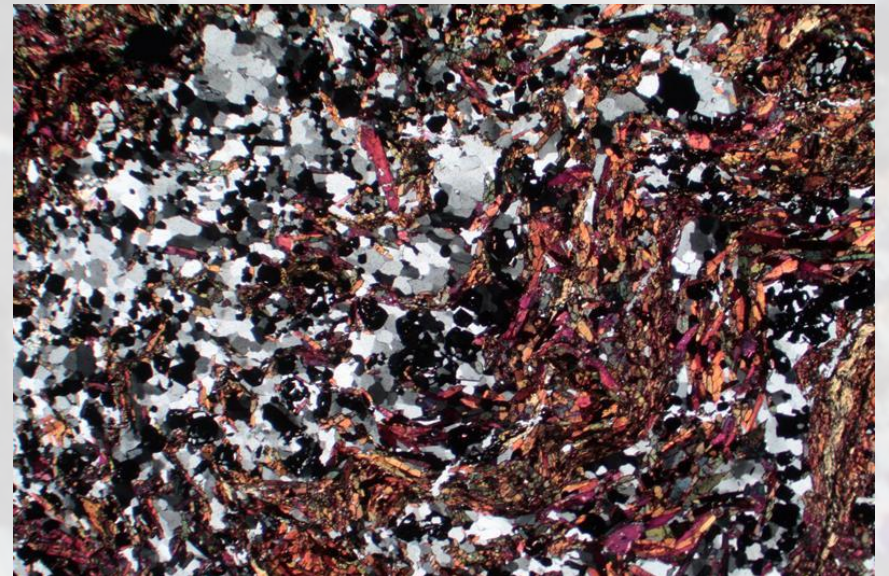
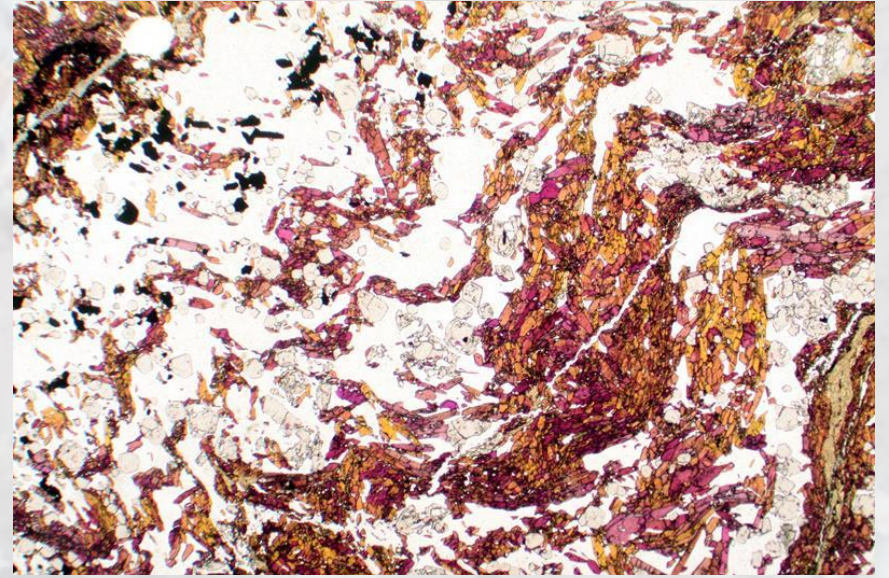
## Propiedades ópticas

N//

- Color: **rojo, amarillo, naranja o violeta**
- Relieve: **alto**
- Pleocroísmo: **presenta**
- Clivaje: **en 1 dirección**
- Hábito: **prismático alargado, columnar, acicular o como agregados granulares**

NX

- CI: **de 1° orden**
- Extinción: **inclinada ( $27^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ) y paralela (si es alargada)**

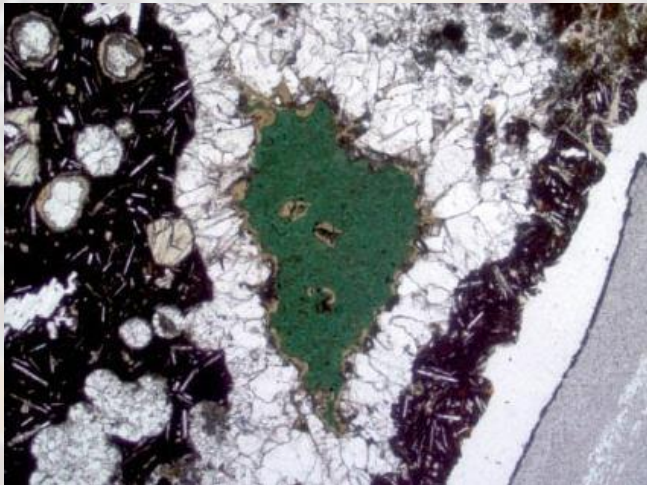




## Clorita-Esmectita

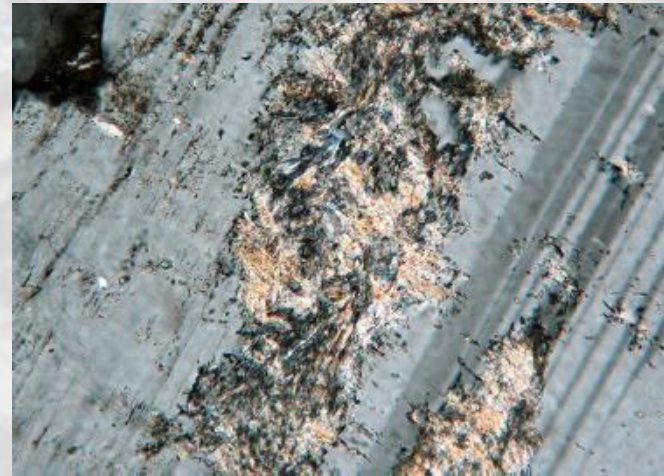
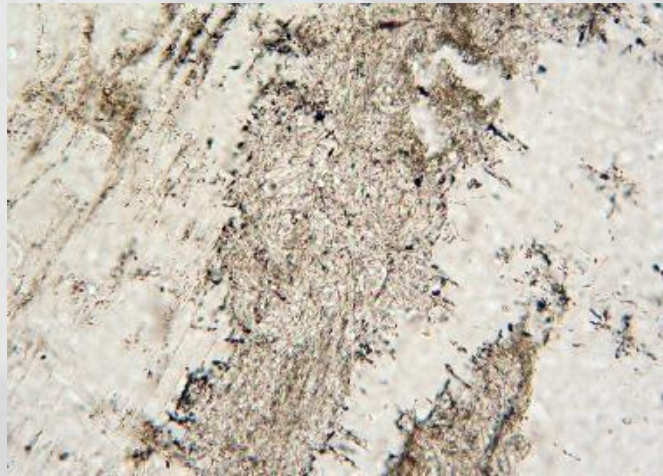


## Celadonita

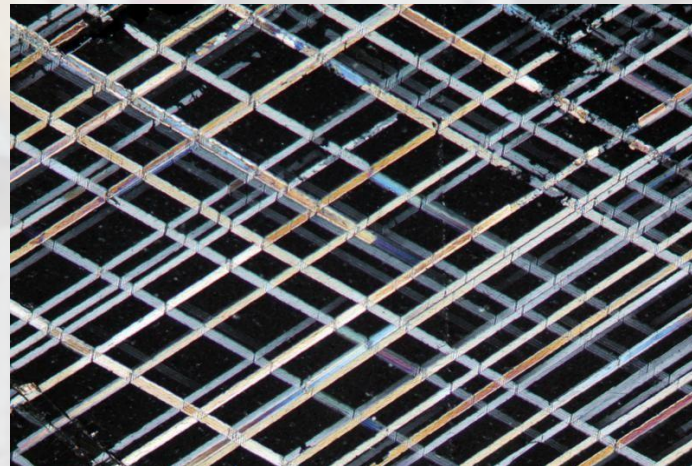
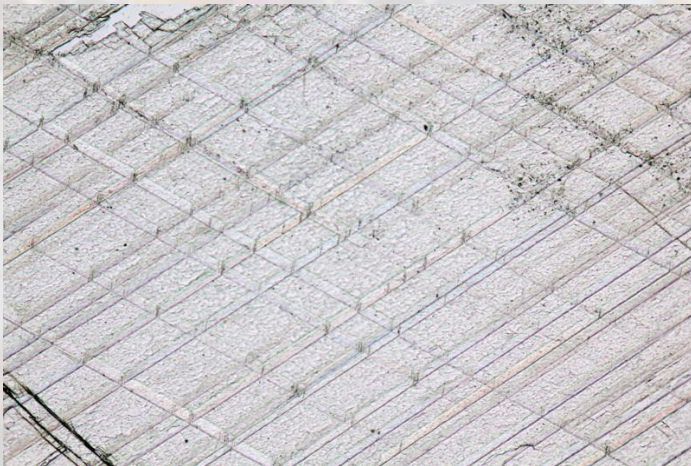




## Sericita



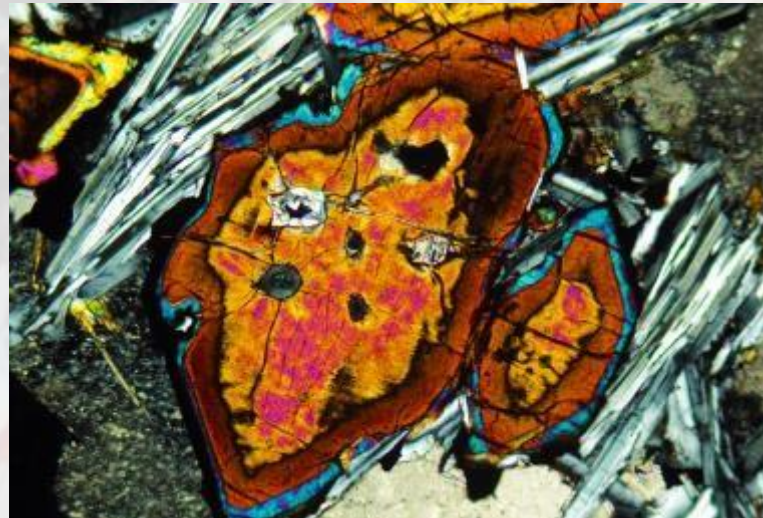
## Calcita



- Forma: agregados anhedrales de finos a gruesos.
- CI: 5to orden. Muy altos.
- Color: incoloro.
- *Clivaje romboédrico perfecto se cruza a unos 75°.*



# Iddingsita







**fcfm**

Geología  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Metamorfismo de bajo grado

Petrología Ígnea y Metamórfica GL5103-1, Otoño 2022

Profesor: Diego Morata

Auxiliar: Luis Naranjo

Ayudante: Javiera Terán