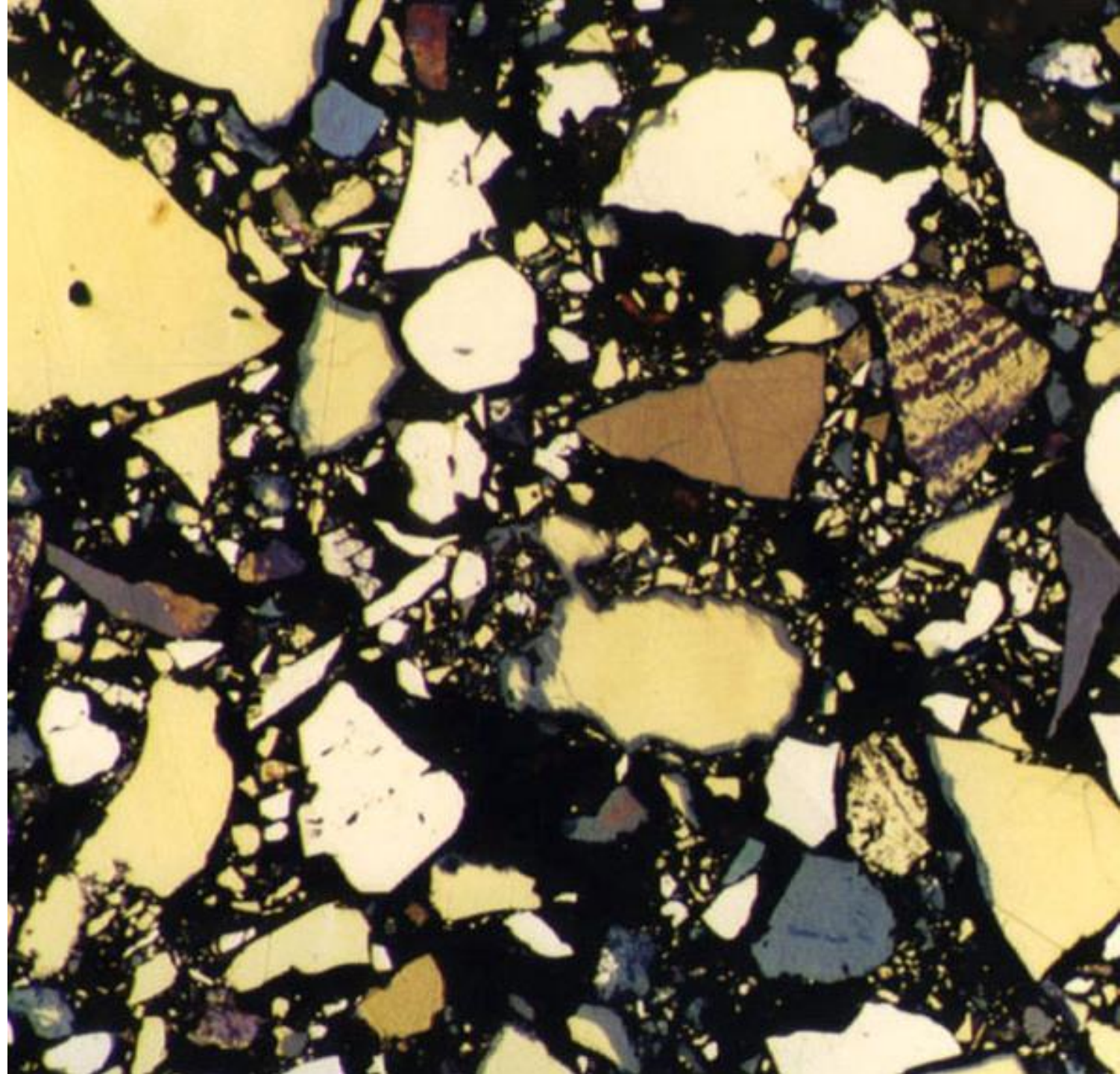


# Metalogénesis

# Introducción

**Equipo docente:**  
Rodrigo Espinoza  
José Moreno

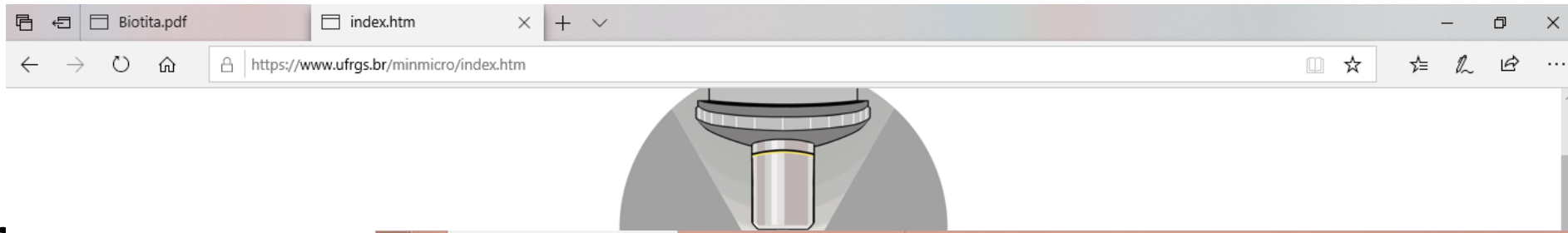
*Sesión de Laboratorio*  
*Semestre Otoño 2021 (Covid-19)*



# Información del curso

- Evaluaciones: se realizarán 3 tareas dirigidas.
- Contenidos: Clases auxiliares + lecturas
- **PROM ( T1+T2+T3)/3 = NotaLab**
- **Exención 5.0**

Semana	Fecha	Clase
2	25 de marzo	Introducción
3	1 de abril	alteración Potásica
<b>Receso</b>		
4	15 de abril	Aleración Propilítica
5	22 de abril	Alteración Fílica (+ texturas)
6	29 de abril	Alteración Argílica Moderada y avanzada (+ texturas)
7	6 de junio	<b>Tarea 1</b>
8	13 de junio	Opacos 1
<b>Receso</b>		
9	27 de junio	Opacos 2
10	3 de junio	<b>Tarea 2</b>
11	10 de junio	Mineralogía supérgeños
12	17 de junio	<b>Tarea 3</b>
13	24 de junio	Libre
<b>Receso</b>		
14	8 de julio	Libre
Ex		



Lin



Abaixo, uma sequência de três biotitas de pleocroísmos e cores de interferência diferentes. As imagens da esquerda e do centro são a ND (rotacionadas em 90°); a imagem da direita é a NC. Como era de se esperar em um grupo de minerais biaxiais com composições químicas bem variadas, as cores mudam bastante. Outras cores e tonalidades, tanto a ND como a NC, são possíveis (e.g., vermelhas).


Co



As propiedades  
incluye imágenes

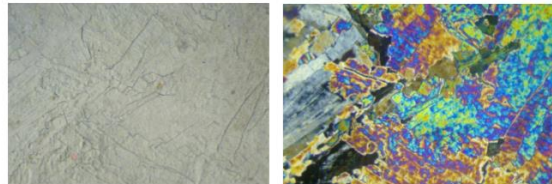


# Información Multimedia - Otros

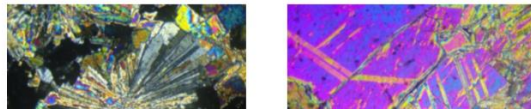
## [Guía de Minerales Transparentes-Heinrich Frank](#)

→ archivo pdf completo con propiedades de los minerales transparentes e imágenes

### Guia de Minerais Transparentes ao Microscópio Petrográfico



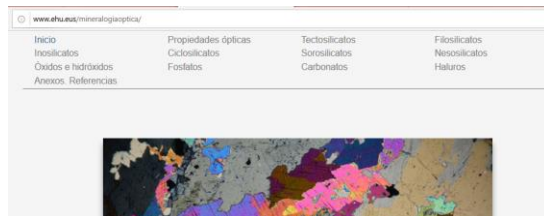
Anidrita e gipso a ND (à esquerda) e a NC (à direita). A ND, ambos são incolores, possuem relevos um pouco distintos e podem mostrar clivagem se os cristais não forem muito finos ou pequenos. A NC, o gipso é cinza enquanto a anidrita apresenta estas cores intensas.



A intenção deste Guia é a de disponibilizar um material de consulta atualizado e em português que foca explicitamente a identificação de minerais formadores de rocha em lâmina delgada ao microscópio petrográfico. Os minerais são apresentados em fichas padronizadas em ordem alfabética. Ao final, o Guia ainda apresenta uma tabela com os tipos de alterações que os minerais podem apresentar.

## <http://www.ehu.eus/mineralogiaoptica/> →

síto web con propiedad ópticas e imágenes de minerales **silicatados, óxidos, carbonatos y haluros**



## <https://www.rockptx.com/video-atlas-of-minerals-in-thin-section/>

→ videos y fotografía de cortes transparentes de algunos minerales en distintos tipos de rocas (esquistos, intrusivos, etc.)  
Ventaja: LPP y NX de forma interactiva (English)

## [Guía de Minerales Opacos – Heinrich Frank](#)

→ archivo pdf completo con propiedades de los minerales opacos e imágenes

### Guia de Minerais de Minério

Identificação dos principais Minerais de Minério  
ao Microscópio de Luz Refletida pelo método passo-a-passo.

Tabela 2	
Minerais com generalizadas reflexões internas vermelhas a alaranjadas, podem ser amarelas. Em vários destes a cor vermelha pode ser observada na seção polida a olho nu.	
<b>CINÁBRIO</b> – HgS (cor vermelha visível na seção polida a olho nu) <b>Tóxico! Cuidado!</b> ND: cor branca a branca azulada, com pleocroísmo distinto a fraco. Refletividade de 27%, com birreflectância visível em limites intergrãos. NC: anisotropia muito forte em cores cinza-esverdeadas, às vezes bem nítida, mas geralmente mascarada pelas reflexões vermelhas vivas. Imagem: a NC, cinábrio com anisotropia e reflexões vermelhas.	
<b>CUPRITA</b> – Cu <sub>2</sub> O (associa-se a cobre nativo e outros minerais secundários de cobre) ND: cor cinza azulada, com pleocroísmo muito fraco. Refletividade 25%. Não tem birreflectância.	

## [Handbook-Mineralogical Society of America](#) → catálogos pdf con propiedades de 4529 minerales. Sin foto

Mineralogical Society of America



All 4529 PDFs

Home  
Buy Now

Handbook PDFs  
Find All 4529 PDFs  
By First Letter  
By Mineral Group  
Piezoelectric/Piezoelectric List

Contact Us  
Contacts

<a href="#">abelsonite.pdf</a>	<a href="#">ellenbergerite.pdf</a>	<a href="#">laurite.pdf</a>	<a href="#">ravenshite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">eliasite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>
<a href="#">abramovite.pdf</a>	<a href="#">elipsite.pdf</a>	<a href="#">laurentite.pdf</a>	<a href="#">ravensite.pdf</a>

## [More links about Optical Mineralogy and Petrography](#)

→ sitio web con múltiples enlaces a otras plataformas y documentos

# Técnicas analíticas

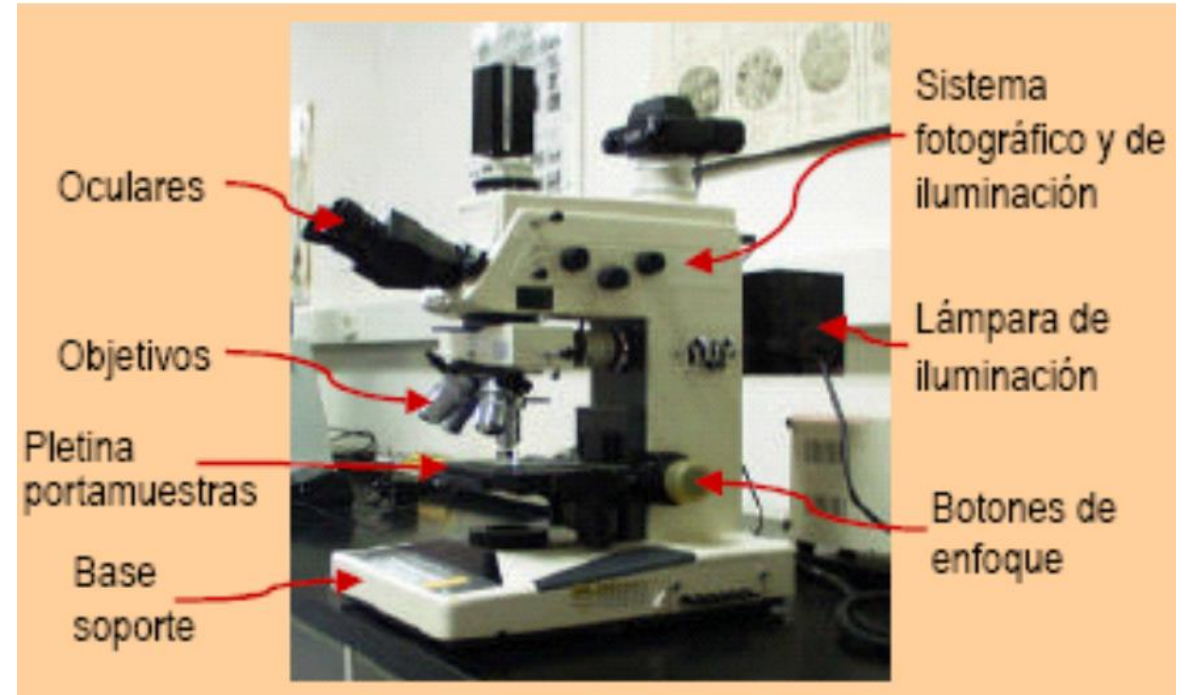
<b>Técnica analítica</b>	<b>UF</b>	<b>Pesos (IVA)</b>	<b>Total (10)</b>
<b>Cortes Transparentes</b>	<b>0,5</b>	<b>\$17.065</b>	<b>\$170.648</b>
<b>EM y trazas FXR</b>	<b>4</b>	<b>\$136.519</b>	<b>\$1.365.186</b>
<b>Elementos Mayores (EM)</b>	<b>2,5</b>	<b>\$85.324</b>	<b>\$853.241</b>
<b>REE+Trazas</b>	<b>2,5</b>	<b>\$85.324</b>	<b>\$853.241</b>

# Elementos del Microscopio Petrográfico

## Transmisión

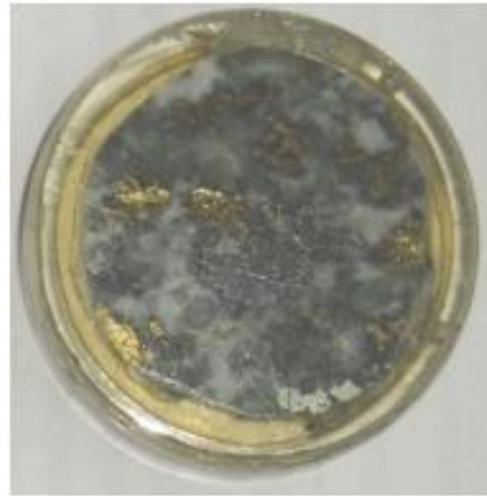


## Reflexión

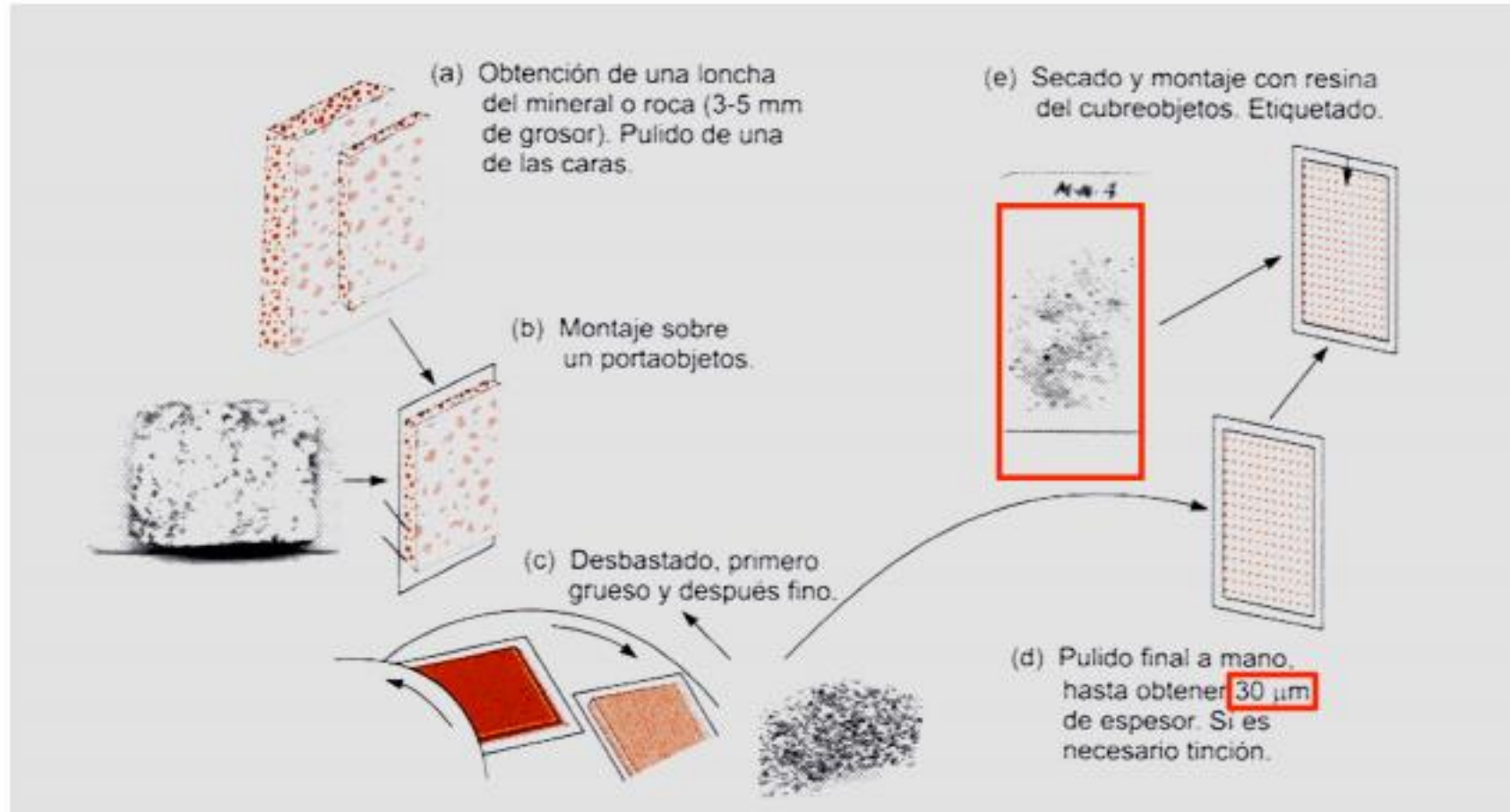


# Tipos de microscopía

- **Minerales transparentes:** Microscopio Petrográfico de transmisión, en los que se utilizan las láminas delgadas de 0.03 mm y una superficie de algunos cm<sup>2</sup>.
- **Minerales opacos:** Microscopio Petrográfico de reflexión, en los que se utilizan probetas pulidas.



# Sección delgada

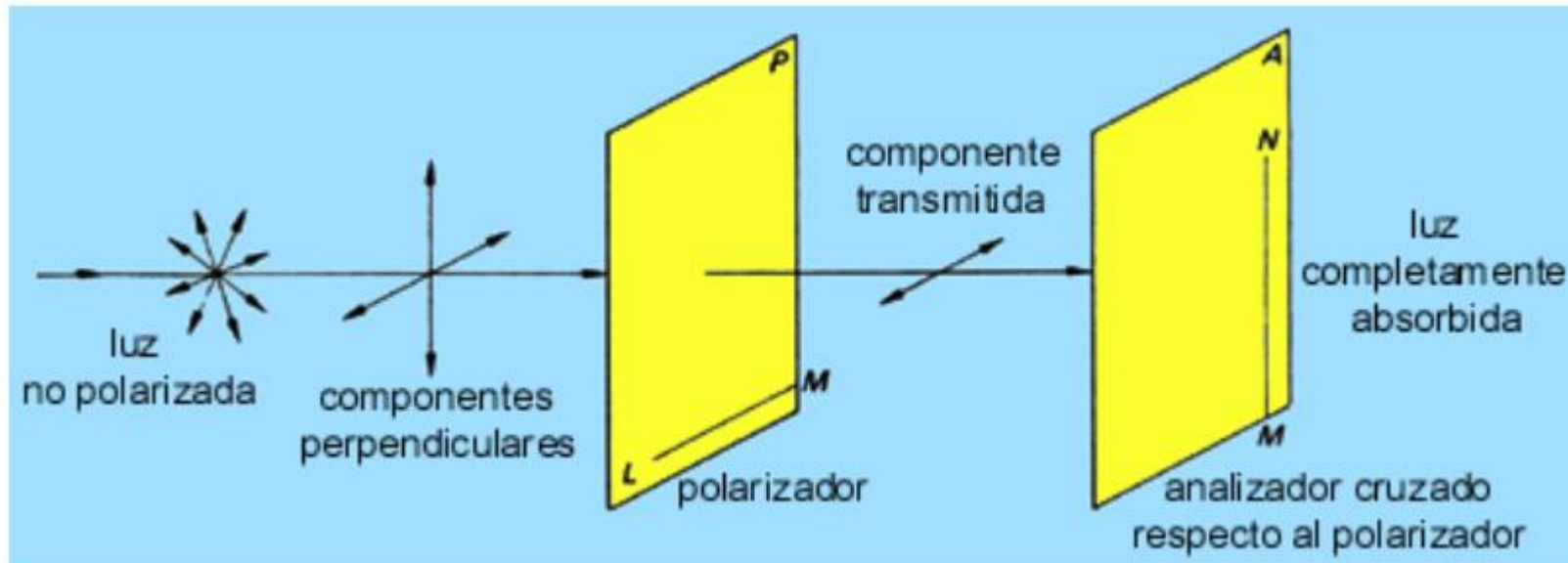


b) La loncha de mineral o roca se pega al portaobjetos con un material llamado Bálsamo de Canadá, sin propiedades ópticas.



# Propiedades Ópticas de los Minerales

- Propiedades a Luz Transmitida Plana (Nícoles Paralelos)
- Propiedades a Luz Doble Polarizada (Nícoles Cruzados)
- Luz Convergente



# Luz Polarizada Plana

---

- Forma
- Hábito
- Color
- Pleocroísmo
- Relieve
- Fractura
- Clivaje

# Forma

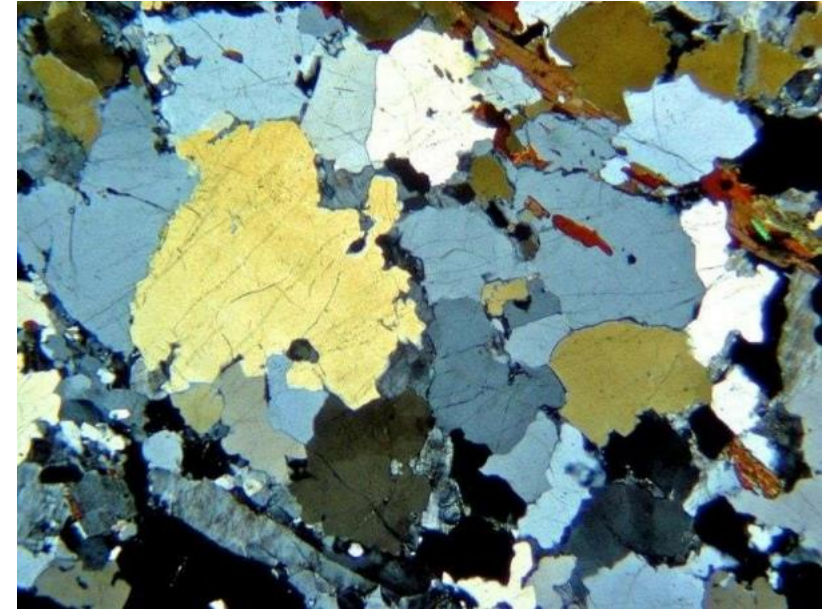
- Calidad de la terminación de las caras de un mineral cristalino.



Subhedrales o subidiomorfo



Subhedrales o subidiomorfo



Anhedral o Alotromorfo

# Hábito

---

- Morfología externa del mineral
  - Prismático
  - Acicular
  - Fibroso
  - Tabular
  - Planar
  - Etc.

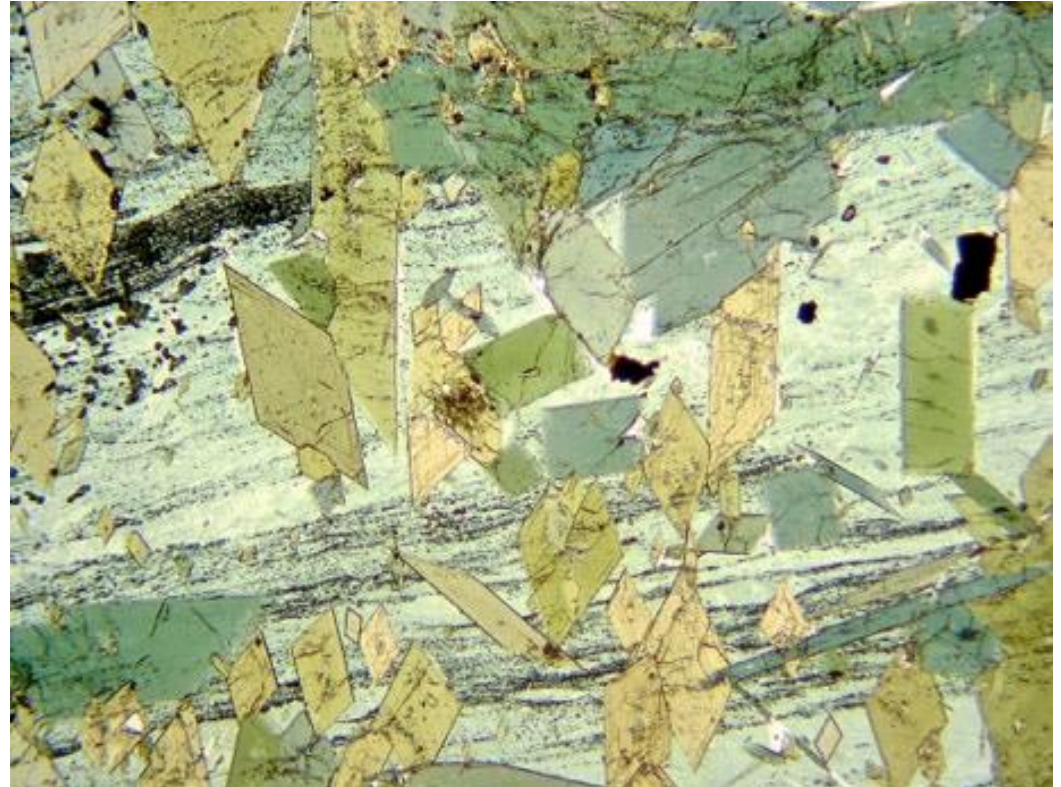


# Prismático

---

Cuerpos  
alargados

Principalmente  
inosilicatos



# Acicular

---

Formas  
prismáticas  
muy alargadas

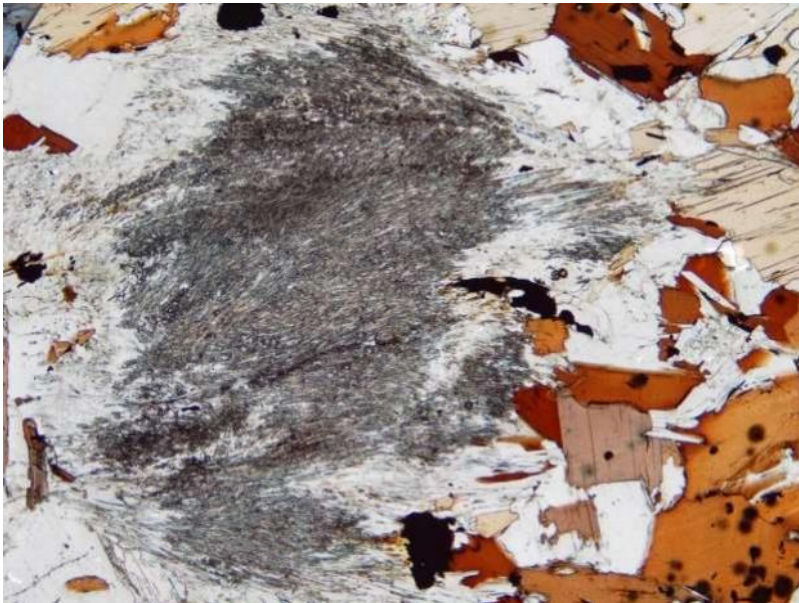
Ej: Atacamita,  
Brocantita, etc.)





# Fibrosos

Morfologías muy alargadas,  
filiformes



# Tabular

Forma de paralelepípedo



# Micáceo

Formas planas u hojosas

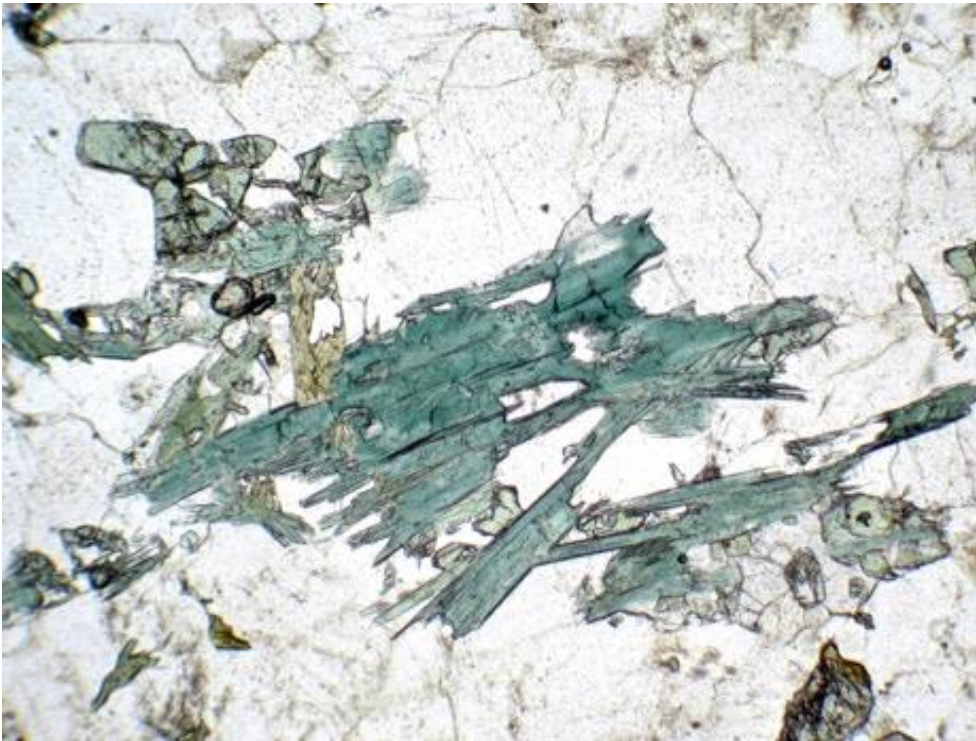




# Color

---

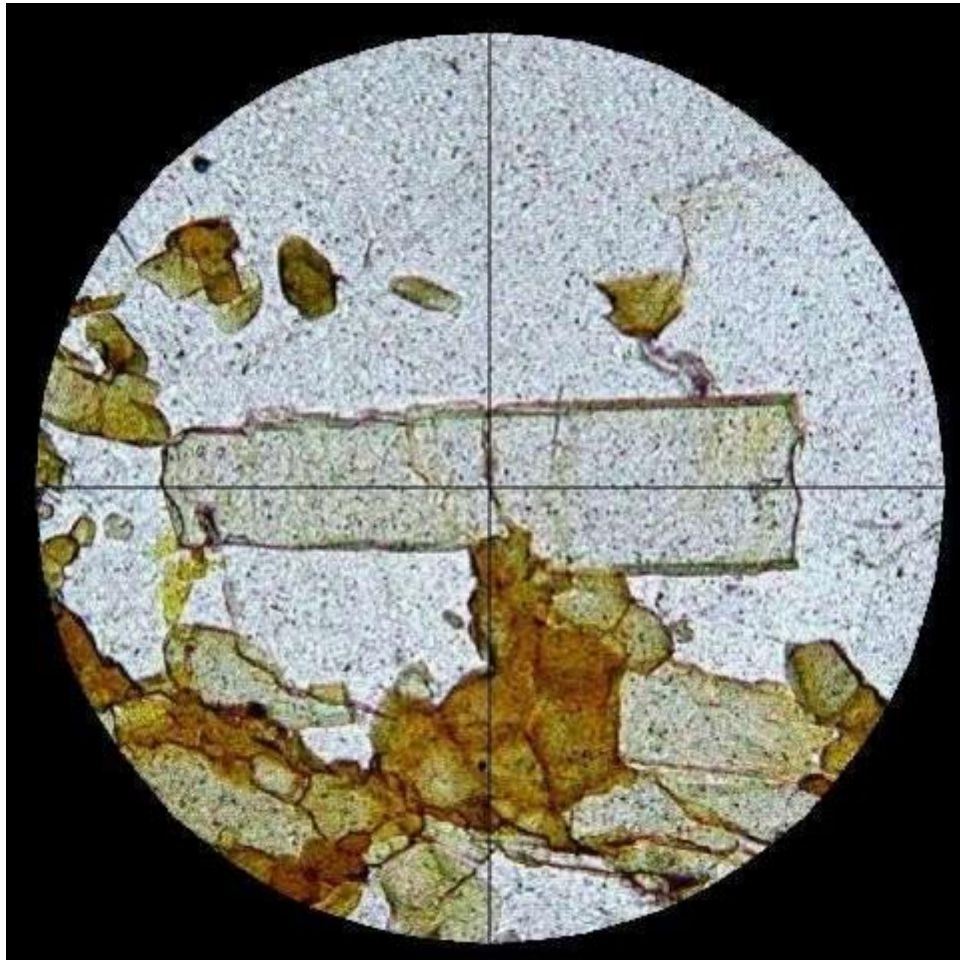
- Absorción de ondas electromagnéticas





# Pleocroísmo

- Cambio de color de un mineral cuando se varía su orientación respecto al plano de luz polarizada (al girar la platina del microscopio)
- Ocasionado por diferentes índices de refracción



[Pleocroísmo](#)

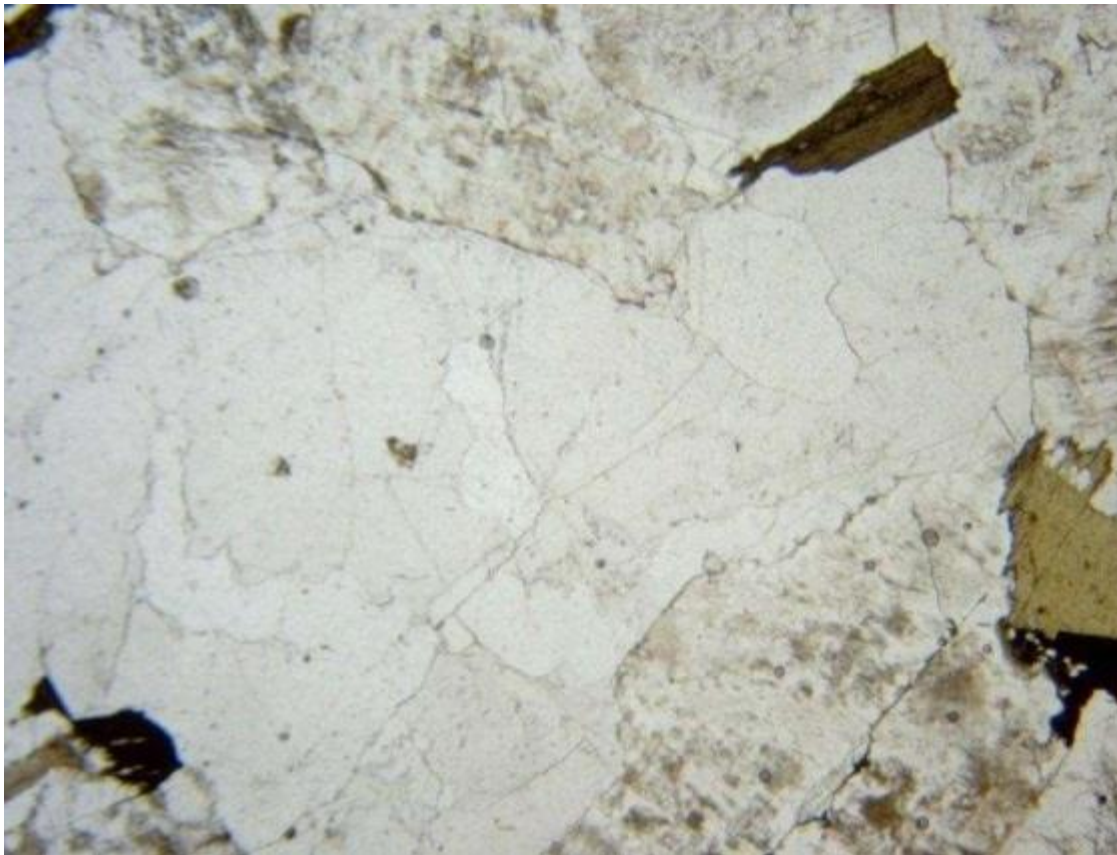
[Pleocroísmo 2](#)



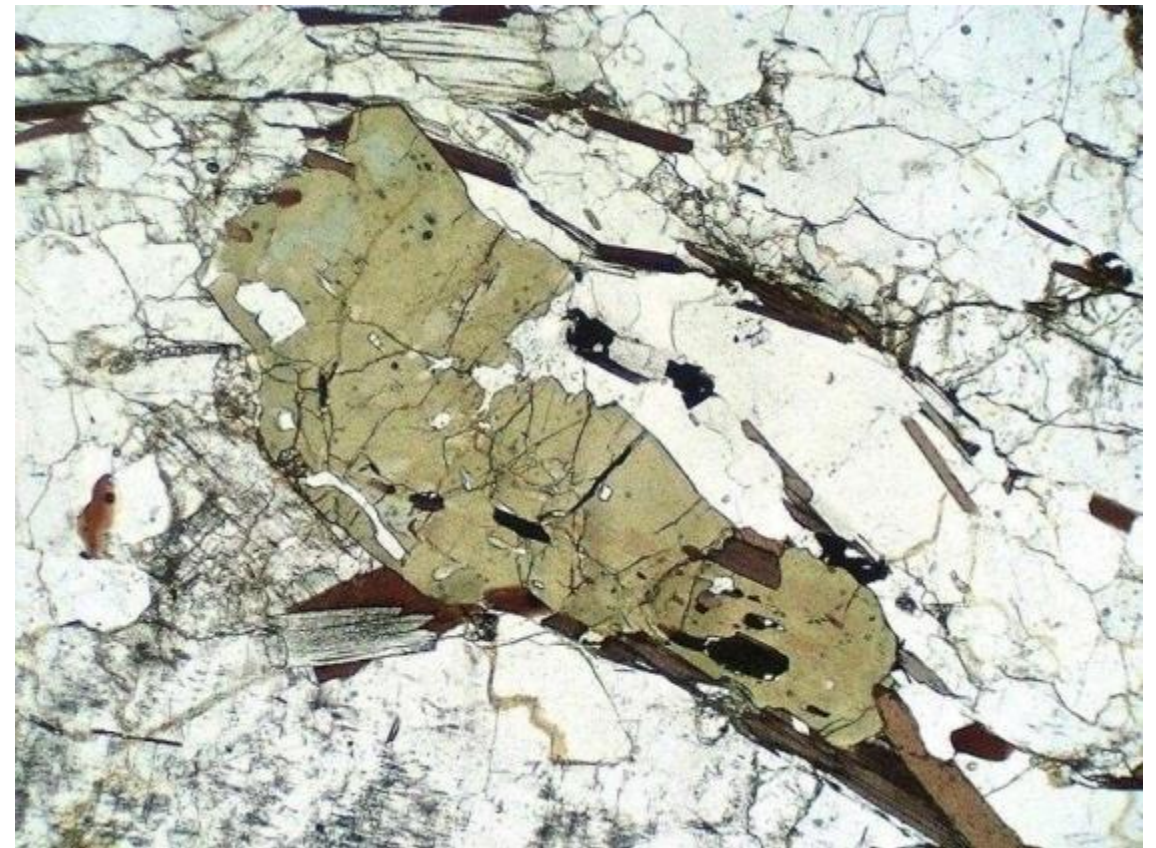
# Relieve

Corresponde a la intensidad de la sombra en el borde de un grano (en las fracturas y planos de exfoliación). Esta sombra se produce como efecto de cambios en la dirección de la luz en el contacto entre dos medios (minerales) de diferente índice de refracción

Bajo



Medio

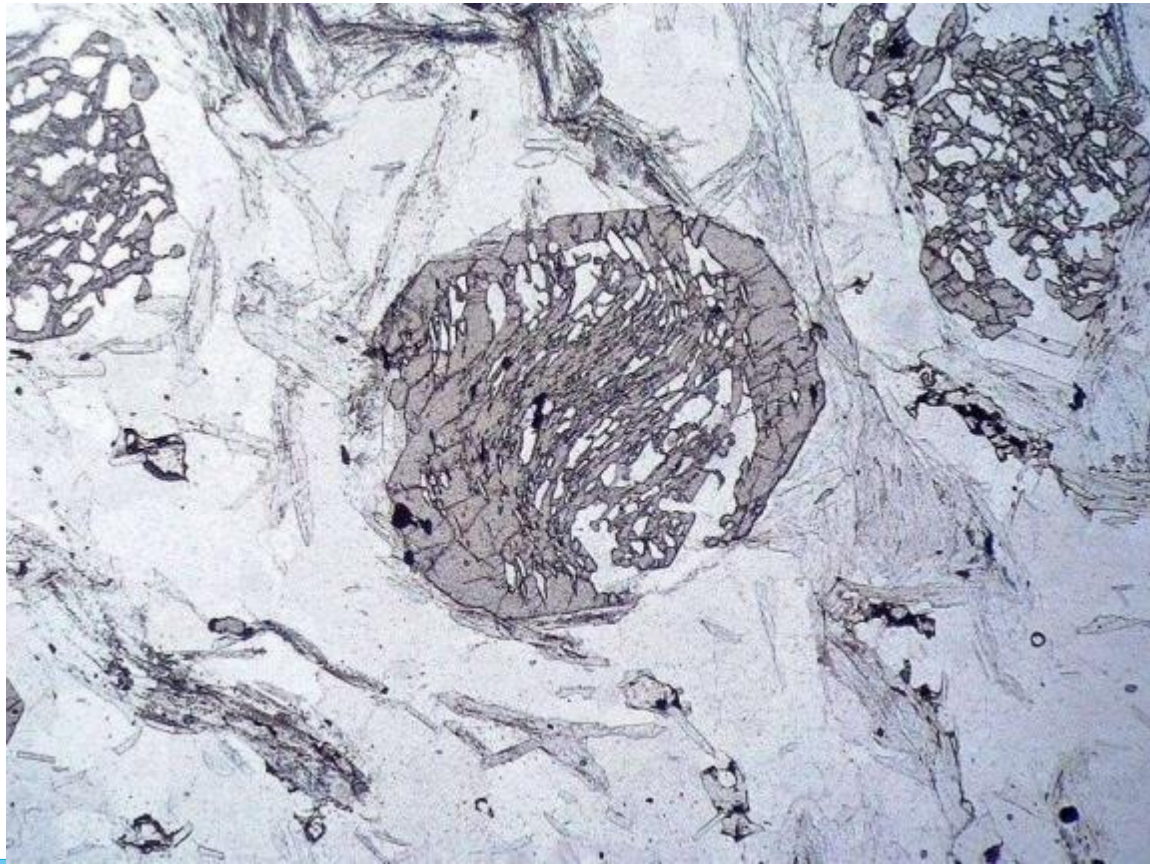




# Relieve

---

Alto



Muy Alto







# Clivaje

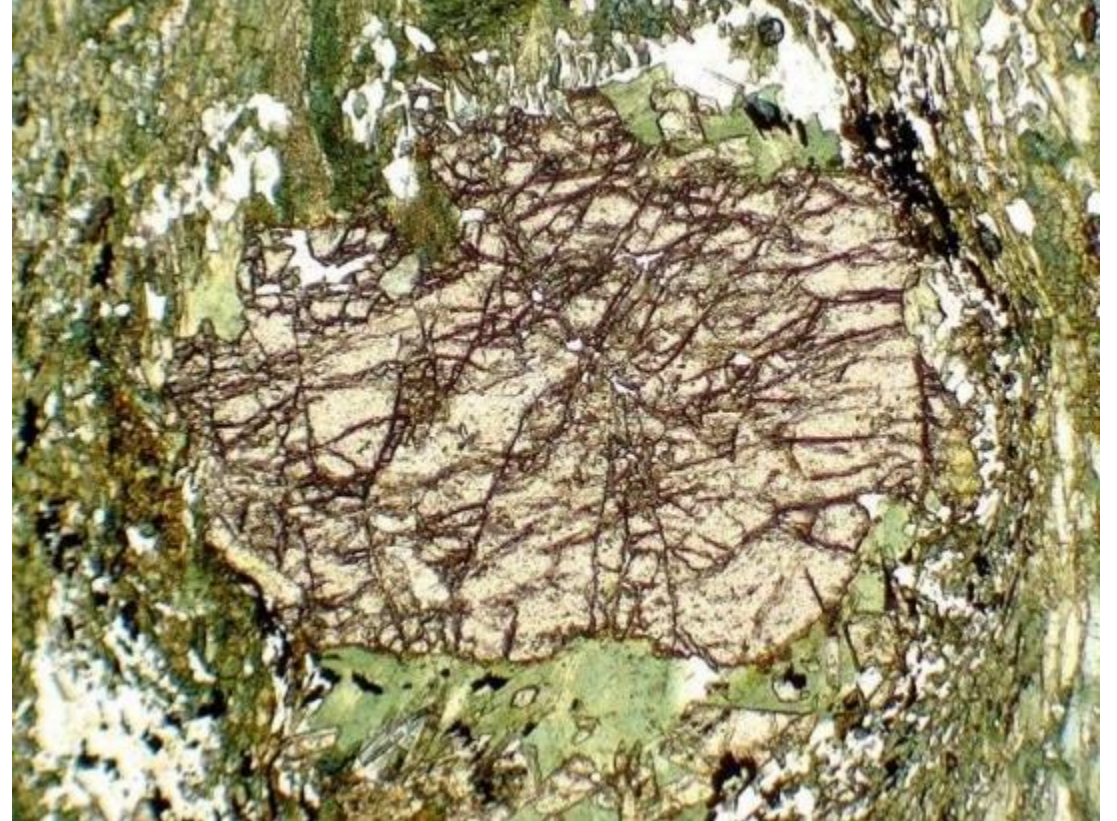
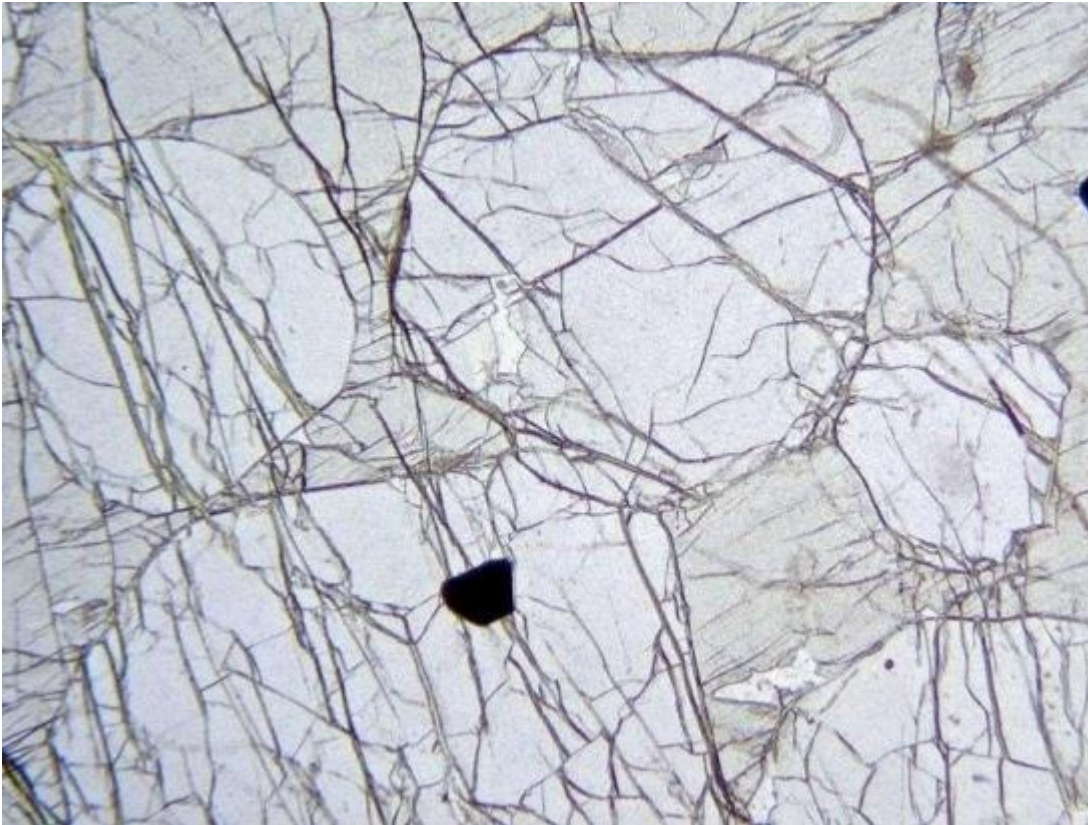
- Discontinuidades rectas y paralelas que aparecen como líneas sombreadas en el interior del mineral.
- Están condicionadas por la estructura cristalina del mineral.





# Fracturas

- Discontinuidades que no son características del mineral y depende de condiciones externas.
- A veces presentan relleno de minerales.



# Propiedades a Nícoles Cruzados

---

- Colores de Interferencia
- Extinción y Ángulo de Extinción
- Elongación
- Maclas



# Color



[Ejemplos colores de interferencia](#)

- Depende del grado de absorción de la luz de un mineral.
- A nicoles cruzado (NX) los minerales anisótopos muestran color de interferencia.



Cuarzo

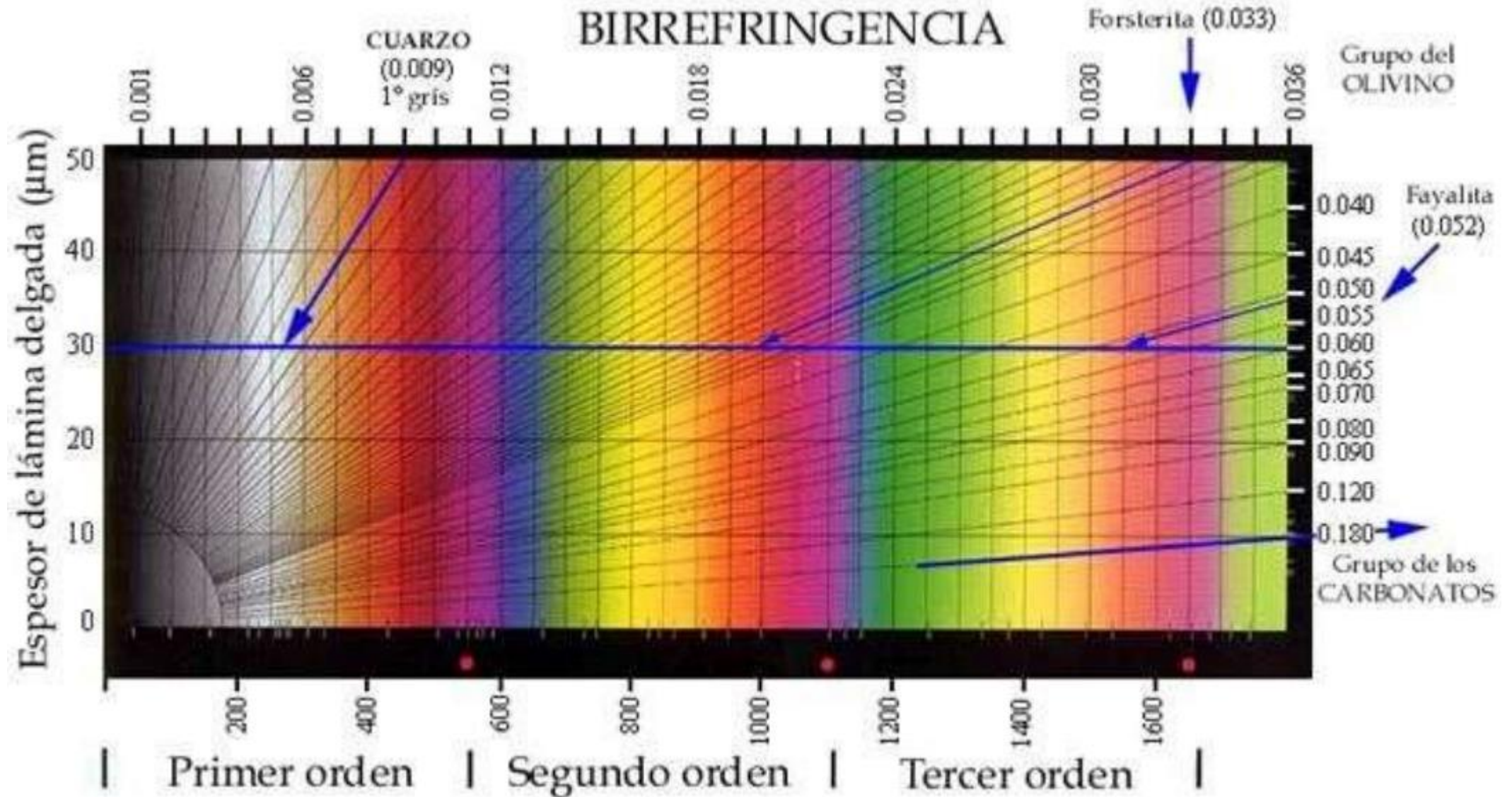


Biotita

# Tabla Michel-Levy



[Ejemplos colores de interferencia](#)



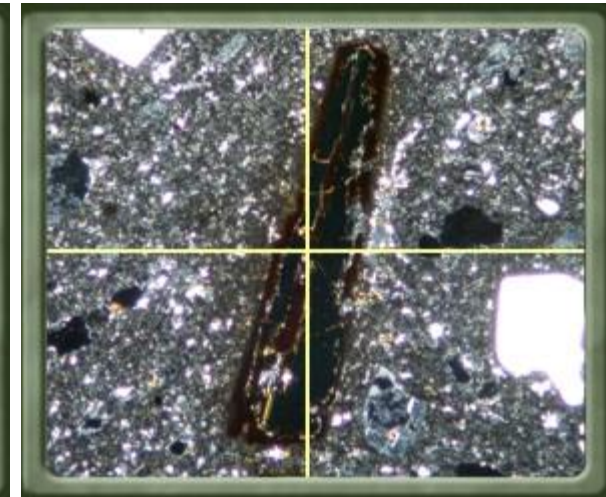
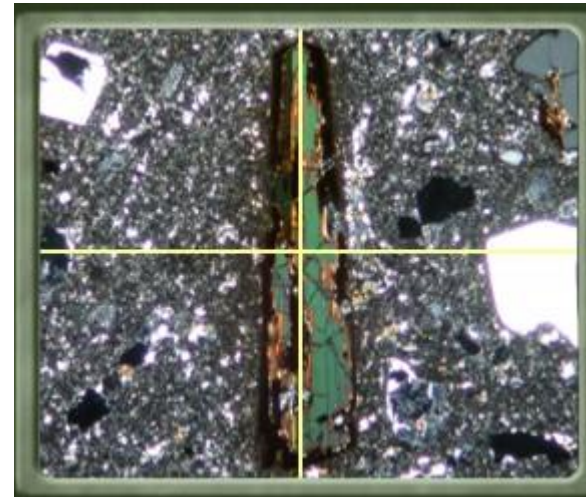
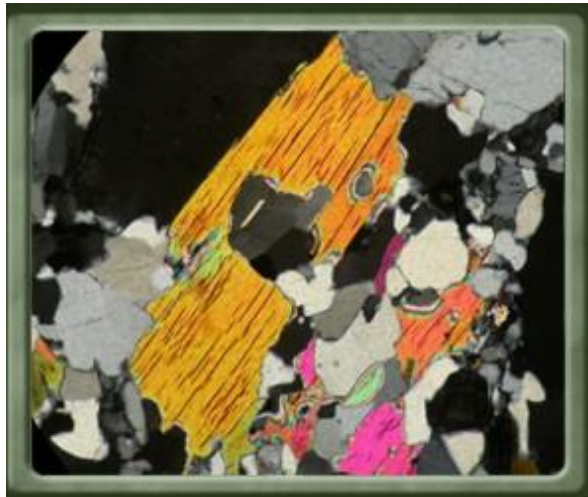


# Extinción y Ángulo de Extinción



[Ejemplos de extinciones](#)

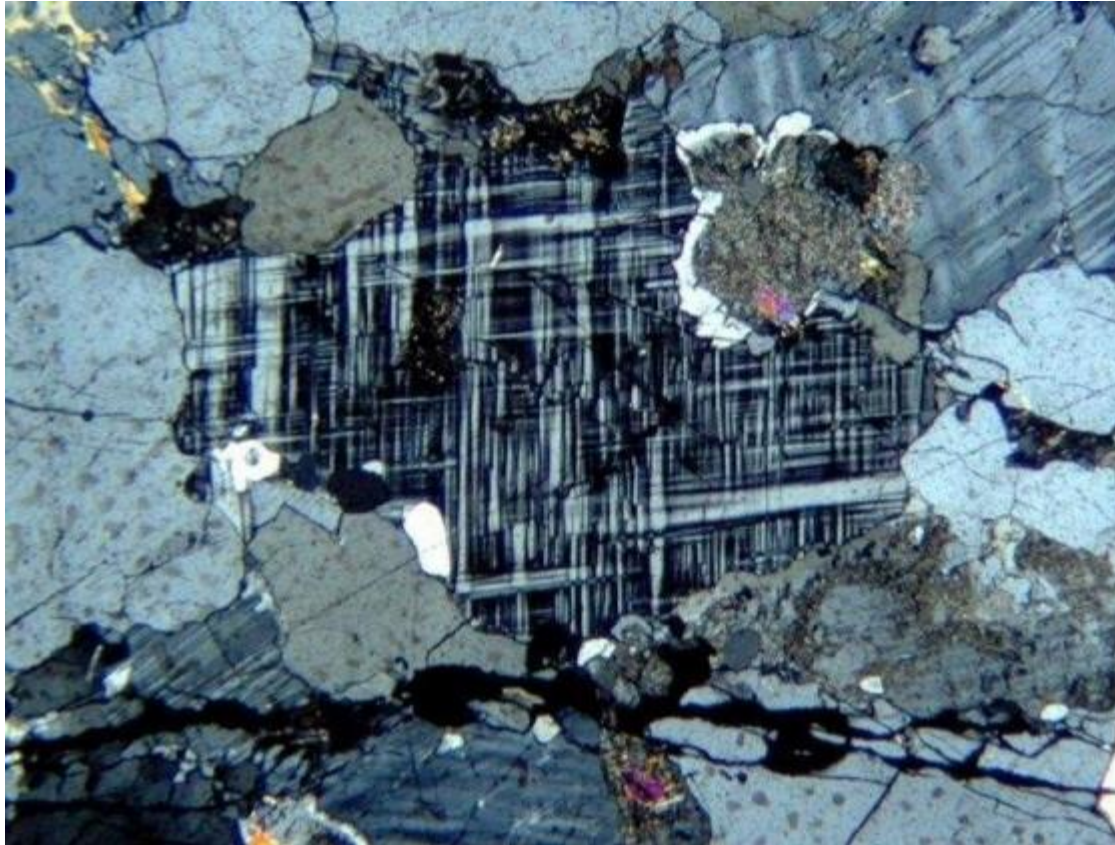
- La extinción de un mineral anisótropo puede ser recta u oblicua en función del ángulo de extinción. El ángulo que forman en un mineral determinadas direcciones cristalográficas preferentes (p. ej., caras cristalinas, líneas de exfoliación) con sus direcciones de extinción (o direcciones ópticas de vibración)
- Extinción recta o paralela al clivaje
- Extinción oblicua



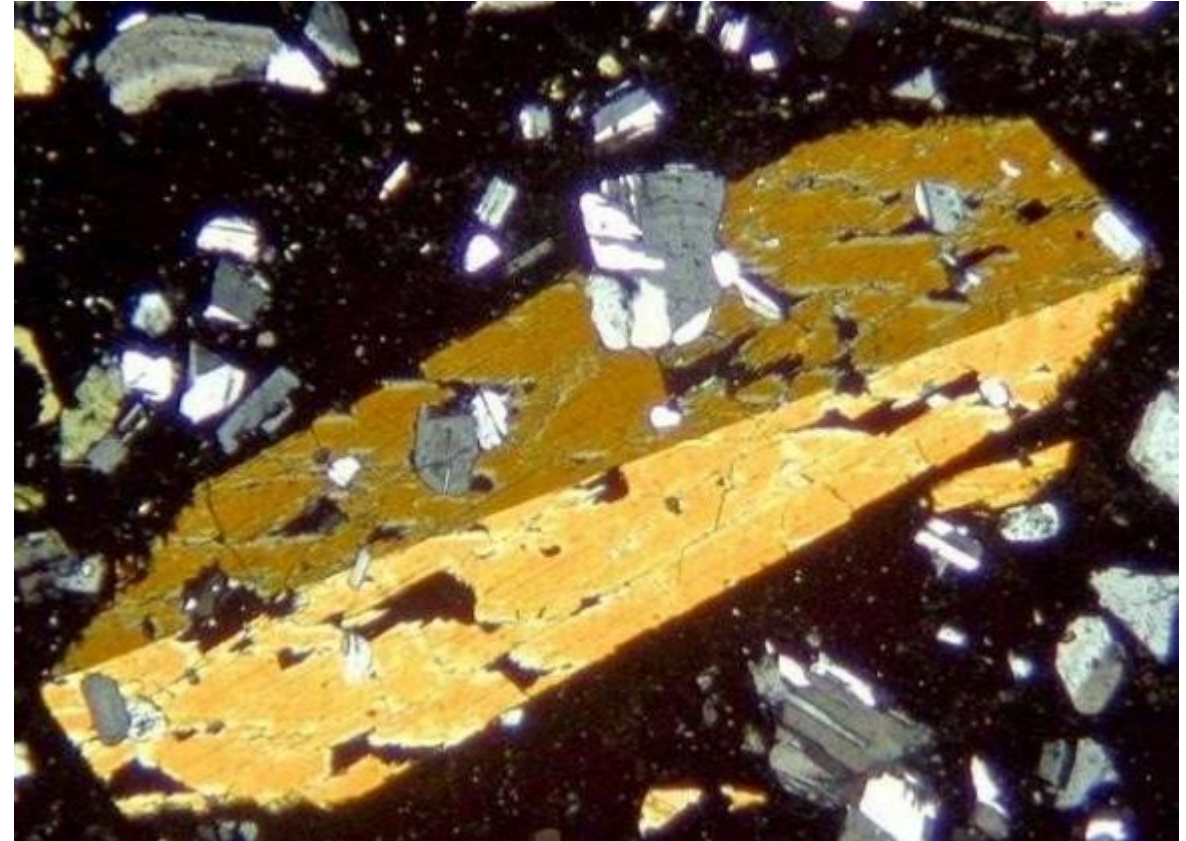


# Maclas

---



Macla de Tartán



Macla Simple

# Alteración Hidrotermal: ¿En qué consiste?



## Debido a:

**Sistema abierto de interacción agua – roca**

**Desequilibrio químico**

**Adición o remoción de componentes químicos**

## Formas de transporte:

De los componentes químicos:

- Infiltración → + transporte
- Difusión → fluido estancado
- Ambos

# Factores controladores



**Resultado:**





# Procesos involucrados

**1. Crecimiento de nuevos cristales**

**2. Transformación de fases minerales**

- Reemplazo o metasomatismo

**3. Disolución y precipitación de nuevos minerales**

**4. Reacciones de intercambio iónico**

Ej.  $Mg^{2+}$  por  $Ca^{2+}$  o  $Na^{+}$  por  $K^{+}$

# Clasificación de Alteración Hidrotermal

```
graph TD; A[Clasificación de Alteración Hidrotermal] --> B["(1) Mineral más abundante"]; A --> C["(2) Cambio químico dominante"]; A --> D["(3) Asociación mineral"];
```

## (1) Mineral más abundante

Ej.

Silicificación → SiO<sub>2</sub>

Sericitización → sericita

Argilización → arcillas

Cloritización → clorita

\*Pero, los mxles no se presentan solos, sino forman grupos/asociaciones

## (2) Cambio químico dominante

Ej.

Metasomatismo H, K, F.








\*Pero, son varios los mxles involucrados, que son removidos o introducidos

## (3) Asociación mineral

\*Refleja condiciones : T, P, composición del fluido, mineralogía original, tiempo.

**Corbett y Leach (1988)**

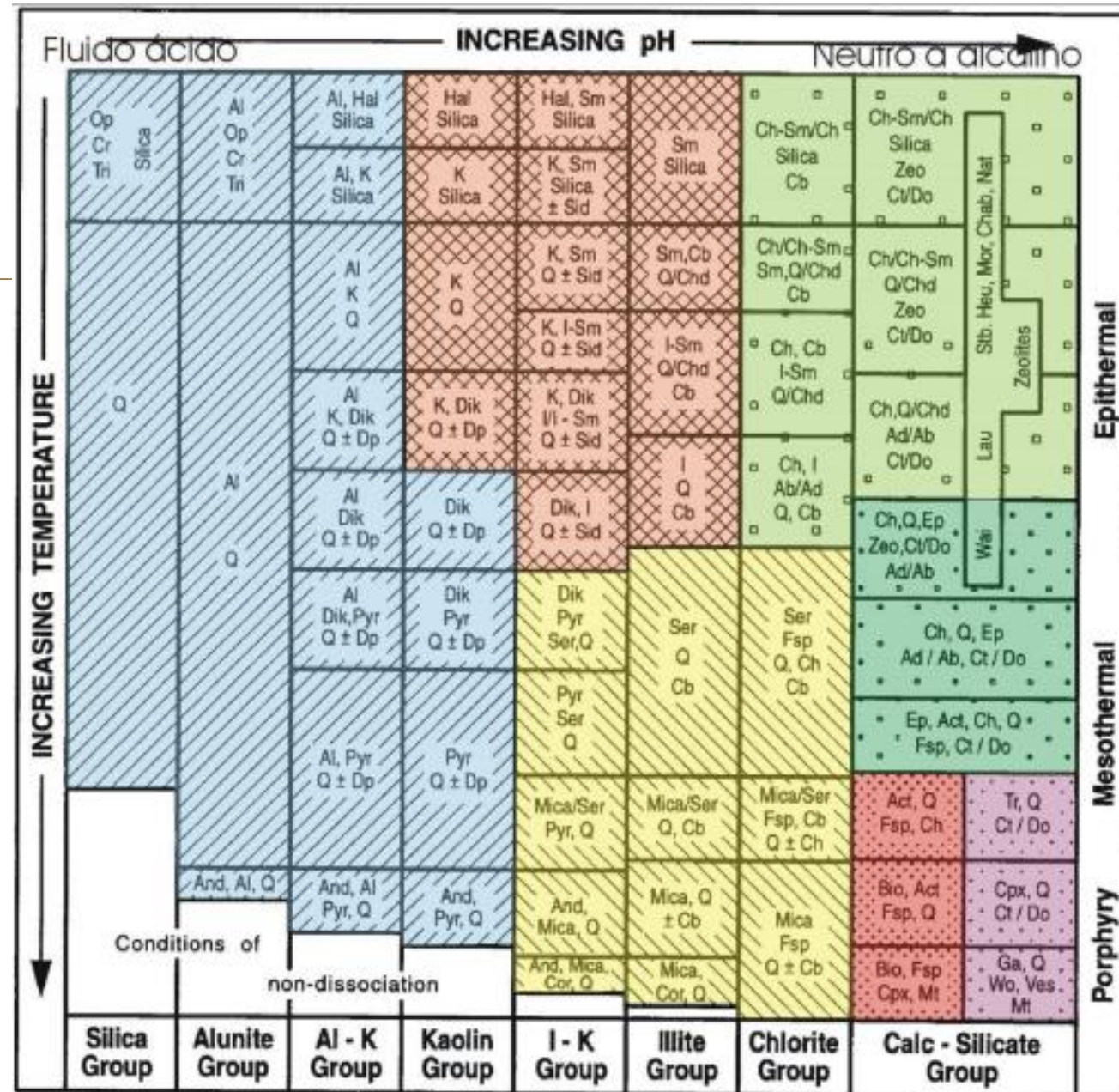
# Alteraciones Hidrotermales (Corbett y Leach, 1998)

-  Potassic
-  Skarn
-  Phyllic
-  Propylitic
-  Argillic
-  Outer / Sub Propylitic
-  Advanced Argillic

Corbett y Leach, 1998. SEG Special Publication N° 6

## Mineral Abbreviations :

Ab - albite; Act - actinolite; Ad - andalucia; Al - alunite; And - andalusite; Bio - biotite; Cb - carbonate (Ca, Mg, Mn, Fe); Ch - chlorite; Chab - chabazite; Chd - chalcodony; Ch-Sm - chlorite-smectite; Cor - corundum; Cpx - clinopyroxene; Cr - cristobalite; Ct - calcite; Do - dolomite; Dik - dickite; Dp - diaspore; Ep - epidote; Fsp - feldspar; Ga - garnet; Hal - halloysite; Heu - heulandite; I - illite; I-Sm - illite-smectite; K - kaolinite; Lau - laumontite; Mt - magnetite; Mor - mordenite; Nat - natrolite; Op - opaline silica; Pyr - pyrophyllite; Q - quartz; Ser - sericite; Sid - siderite; Sm - smectite; Stb - stilbite; Tr - tremolite; Tri - tridymite; Ves - vesuvianite; Wai - wairakite; Wo - wollastonite; Zeo - zeolite





# Próxima Clase

- Alteración Potásica
  - Feld-K
  - Bt
  - Mt (opaco)
  - Anhidrita
  - Yeso

Recomendación:

- Revisar bibliografía.

# REPASO

TEXTURAS

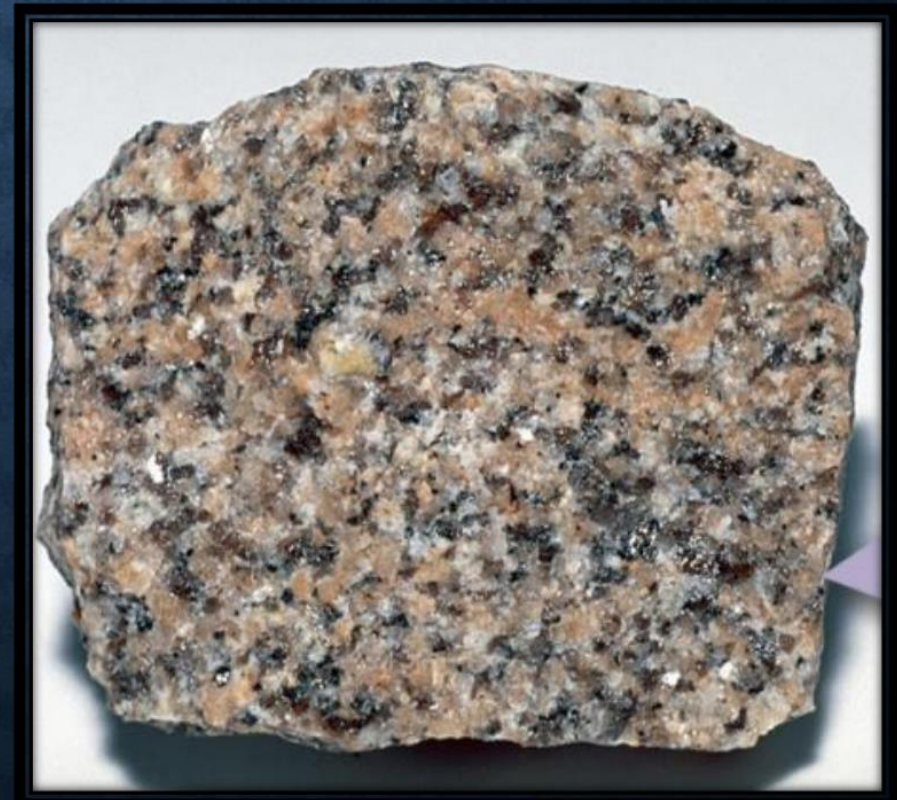
MACROSCÓPICAS



# TEXTURAS

- **Fanerítica:**

- Enfriamiento lento (grano identificable al ojo o con lupa).
- Cristales de tamaño similar.





# TEXTURAS

- **Afanítica:**

- Enfriamiento rápido.
- Cristales no visibles.

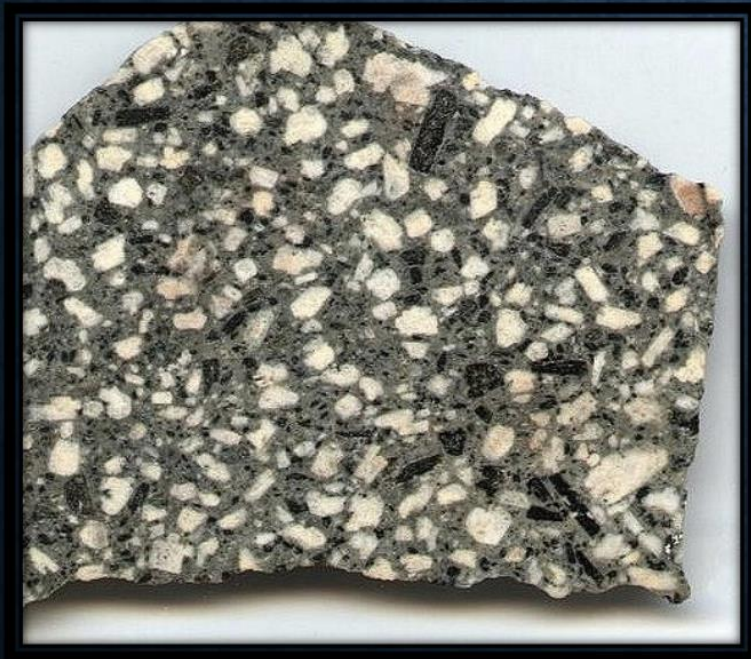




# TEXTURAS

- **Porfírica:**

- Minerales de gran tamaño (**fenocristales**) en una **matriz (masa fundamental)** compuesta por vidrio o minerales más pequeños.
- Indica distintos procesos de cristalización





# TEXTURAS

- **Vítrea:**

- Tasa de enfriamiento muy alta no se alcanzan a formar minerales “congelándose” el fundido y creándose vidrio (sin estructura cristalina).





# TEXTURAS

- **Pegmatítica:**

- Cristales de grano muy grueso.
- Formado por lo general en etapas finales con fundidos residuales.





# TEXTURAS

- Obliterada:
  - No se puede reconocer la textura original de la roca (es imposible determinar la litología).





# MORFOLOGÍAS ESPECIALES

- **Vesículas**
- **Amígdalas**
- **Inclusiones o enclaves**





# MINERALOGÍA

- Ver tabla de Minerales.



# BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA



- *Guilbert & Park. 1986. The Geology of Ore Deposits. Weveland Press, Inc. 985p.*
- *Evans, A. 1987. An introduction to Ore Geology. 2 Edition. Blackwell Scientific Publication. Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo Alto, Melbourne., 358p.*
- *Edwards, R. & Atkinson, K. 1986 Ore deposits geology and its influence on mineral exploration. Chapman and Hall. London, New York, 466p.*
- *Lunar, R & Oyarzun, R. Eds. 1990. Yacimientos Minerales. Técnicas de Estudio, Tipos, Evolución Metalogénica, Exploración. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S. A. 933p.*
- *Mead. L, & Batemen, A. M. 1979. Economic Geology Deposits. III Ed. New York. John Wiley and Sons. 593p.*
- *Sawkins, F. 1990. Metal deposits in relation to plate tectonics. Second revised and enlarged edition. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, 461p.*