

Primavera 2020

Metalogénesis: Minerales Opacos – Parte II

Sulfuros y óxidos varios

Cuerpo Docente:

Rodrigo Espinoza Reyes

José Moreno Toledo

Javiera Quezada Verdugo

Juan Pablo Varela Espejo



Propiedades Ópticas

□ Minerales Opacos → Luz Reflejada →
Propiedades Ópticas **distintas**:

○ **Nícoles Paralelos:**

- Color
- Reflectividad (Poder de reflexión)
- Pleocroísmo
- Birreflectancia
- Dureza
- Hábito y forma

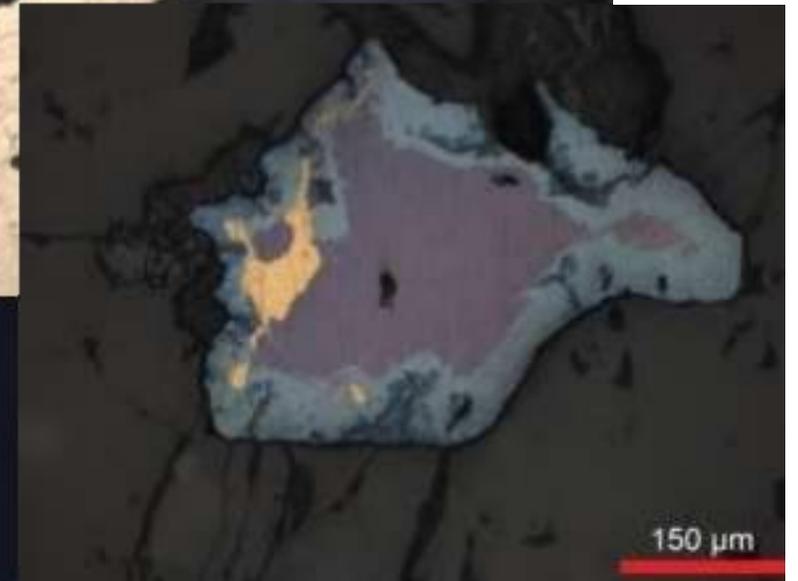
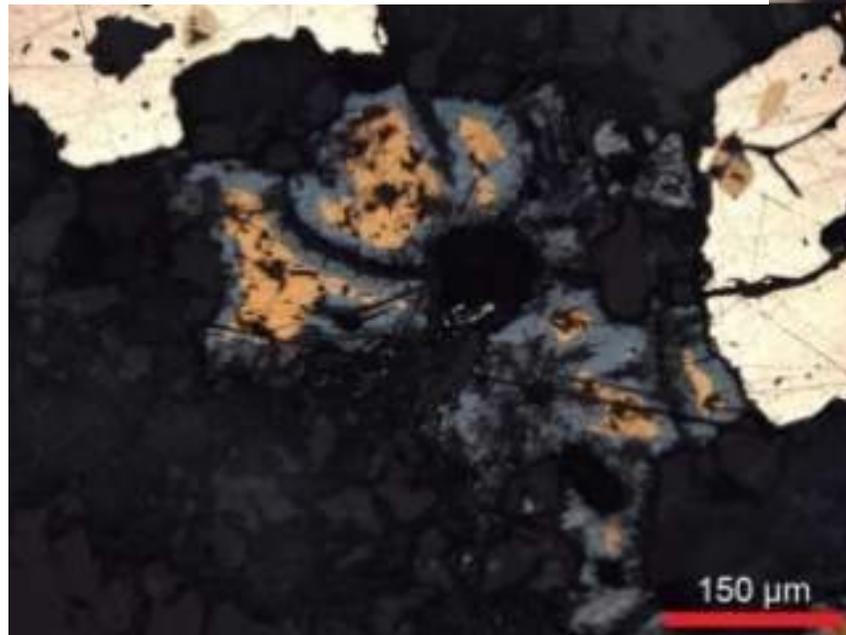
Propiedades Ópticas

□ Minerales Opacos → Luz Reflejada →
Propiedades Ópticas **distintas**:

○ **Nícoles Cruzados:**

- Anisotropía
- Maclas
- Reflejos Internos

Minerales





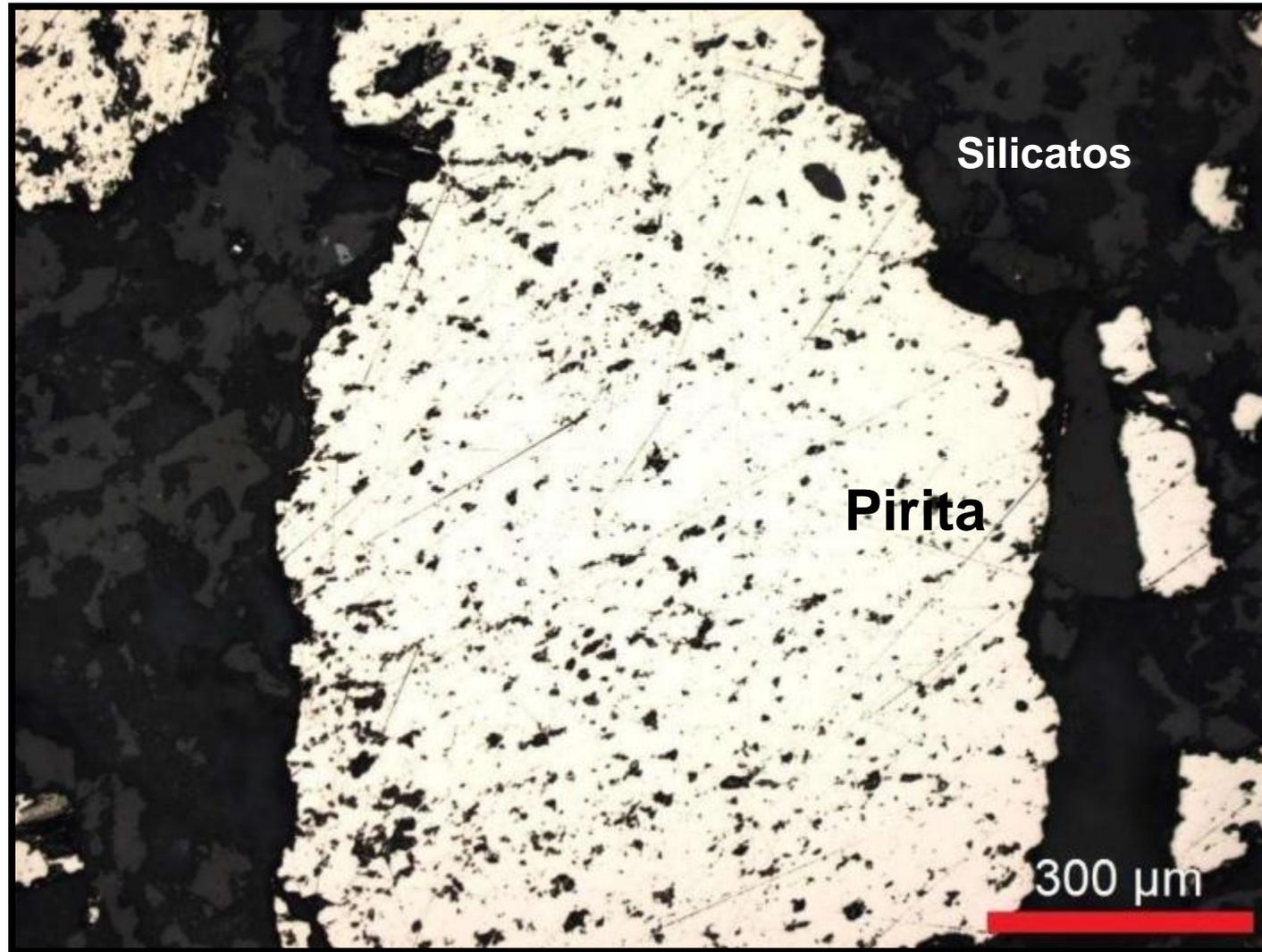
Pirita FeS_2

- En general ocurre subhedral cúbica, diseminada y rellenando vetillas.

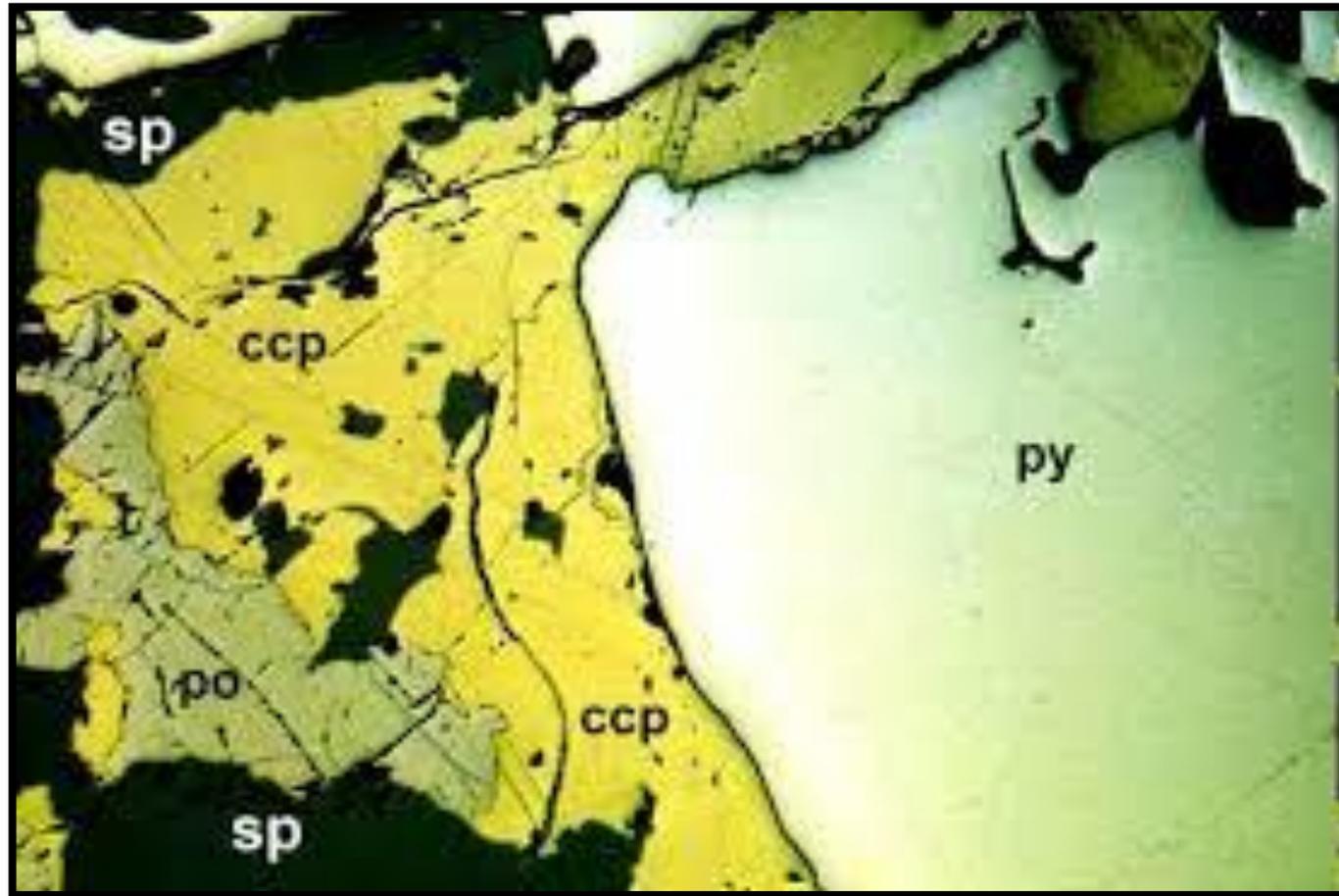
- **Nícoles Paralelos:**
 - ⦿ Color: **blanco amarillento.**
 - ⦿ Reflectividad: **alta** (51-54%).
 - ⦿ Dureza: **alta** (relieve diferencial), mal pulido (aspecto 'moteado').

- **Nícoles Cruzados:**
 - ⦿ Anisotropía: **isótropa.**

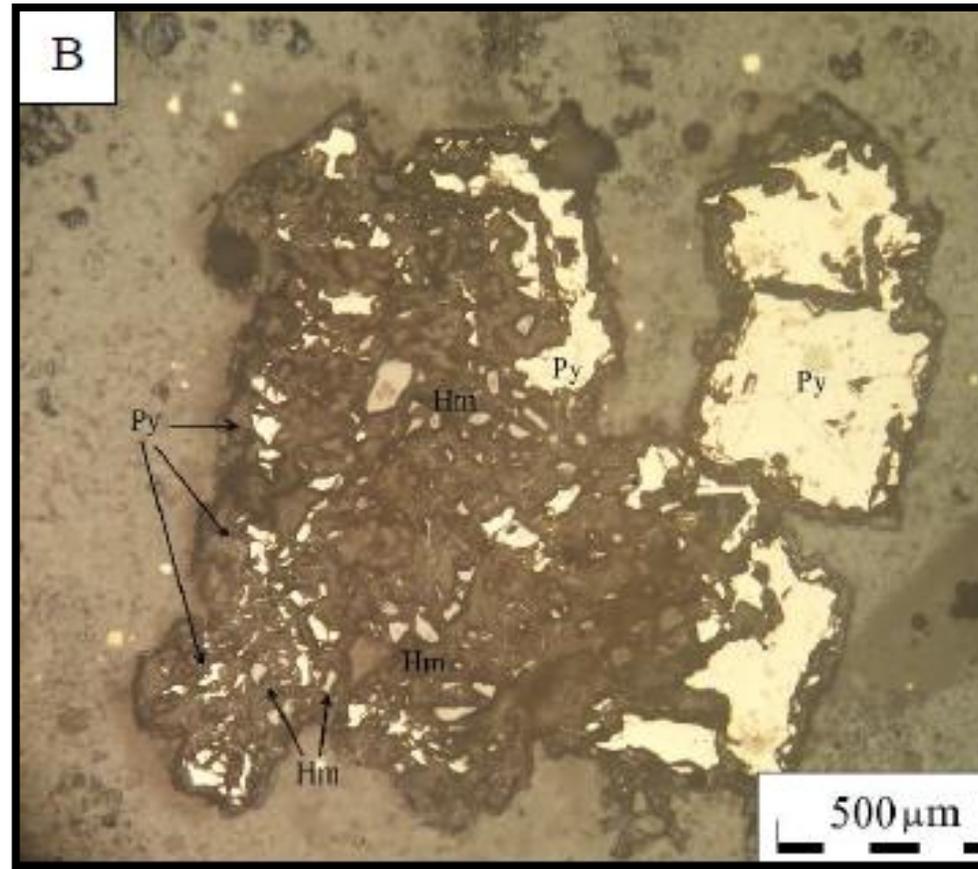
Pirita FeS_2



Pirita FeS_2



Pirita FeS_2



Pyrite

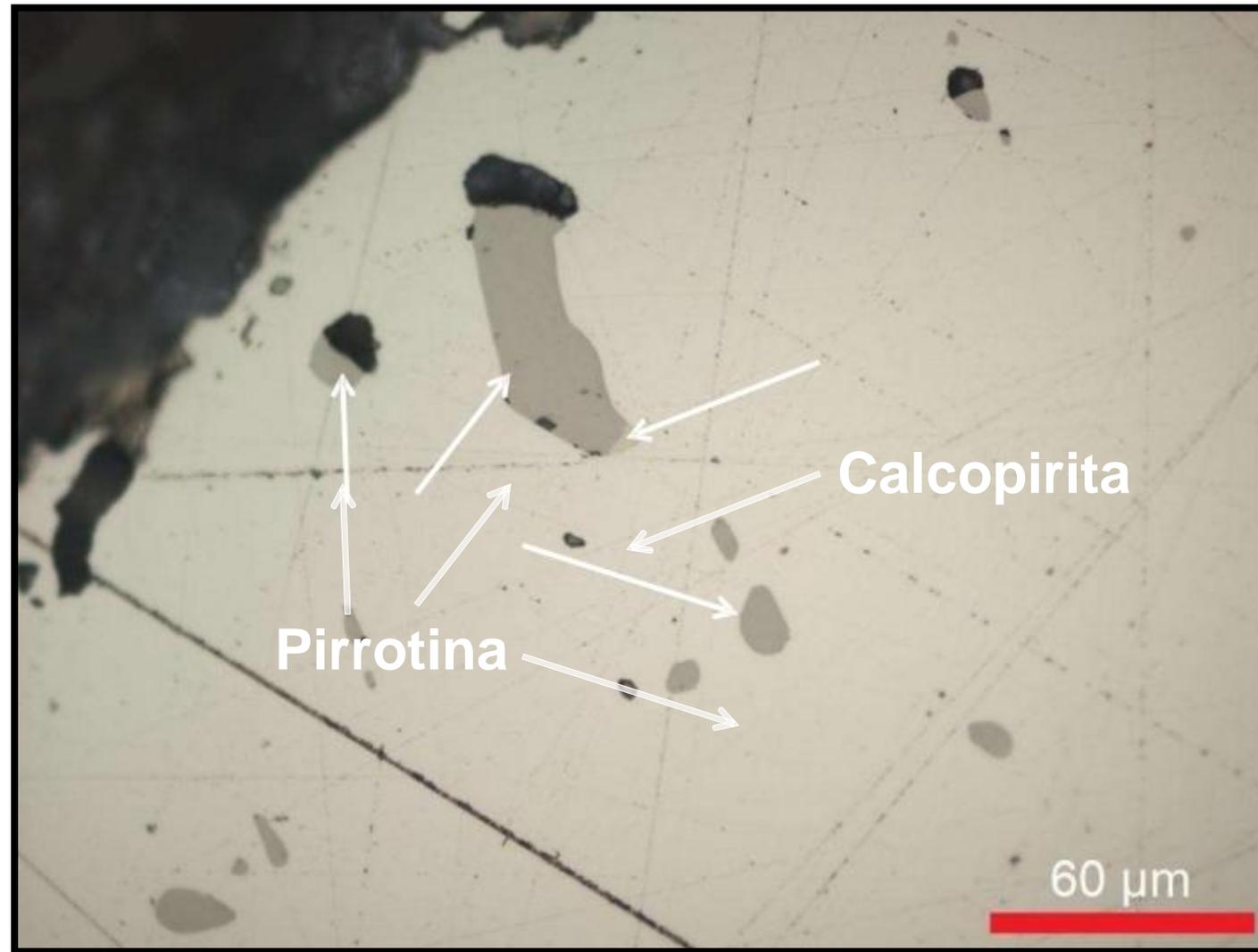


Pirrotina $Fe_{1-x}S$

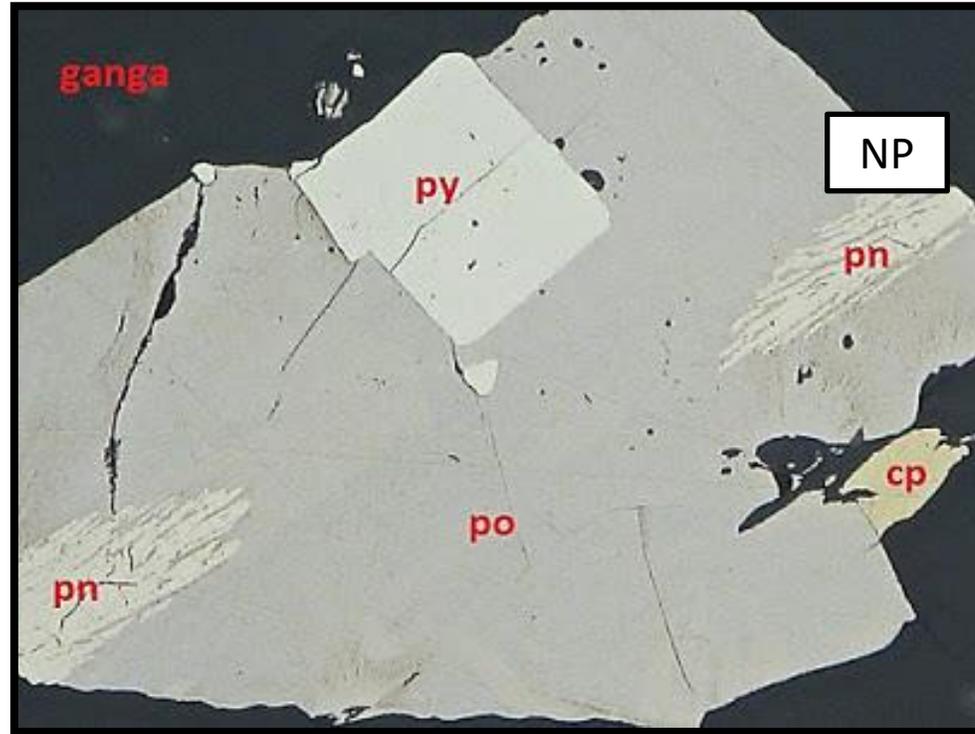
- Presenta magnetismo leve.
- Puede ocurrir como inclusiones dentro de cristales de pirita.

- **Nícoles Paralelos:**
 - ⦿ Color y pleocroísmo: **rosado claro - crema - pardo variable** (más claro u oscuro).
 - ⦿ Reflectividad y birreflectancia: media (34-39%) y débil.
 - ⦿ Dureza: **media, buen pulido.**
- **Nícoles Cruzados:**
 - ⦿ Anisotropía: **fuerte** (colores varían de grises amarillentos, a grises verdosos/pardo).

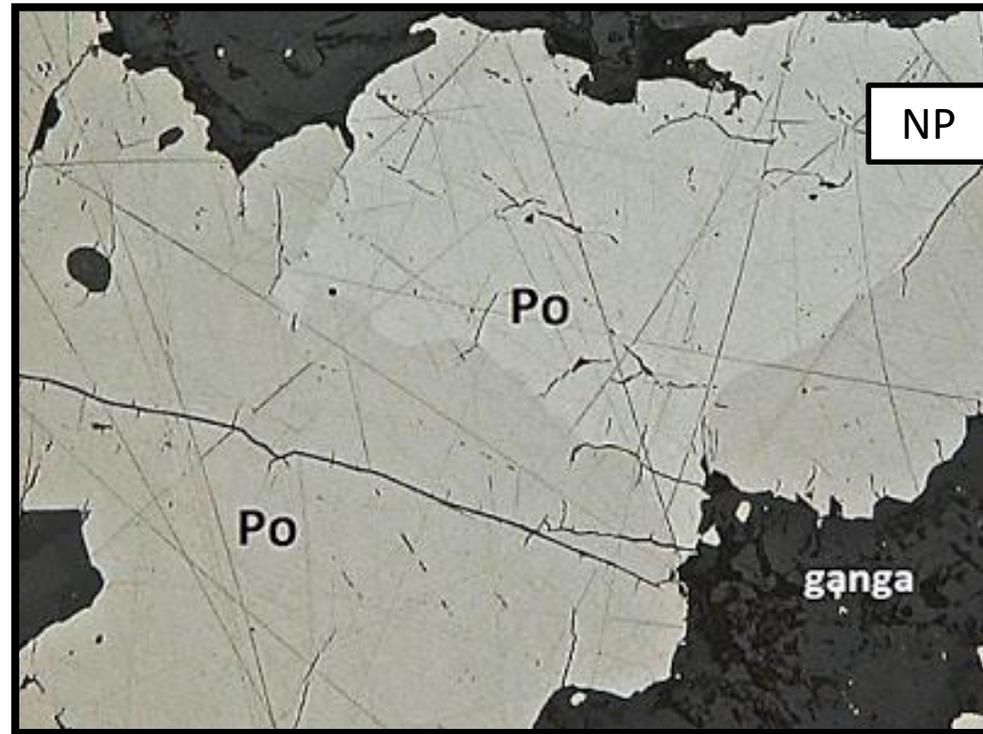
Pirrotina Fe_{1-x}S



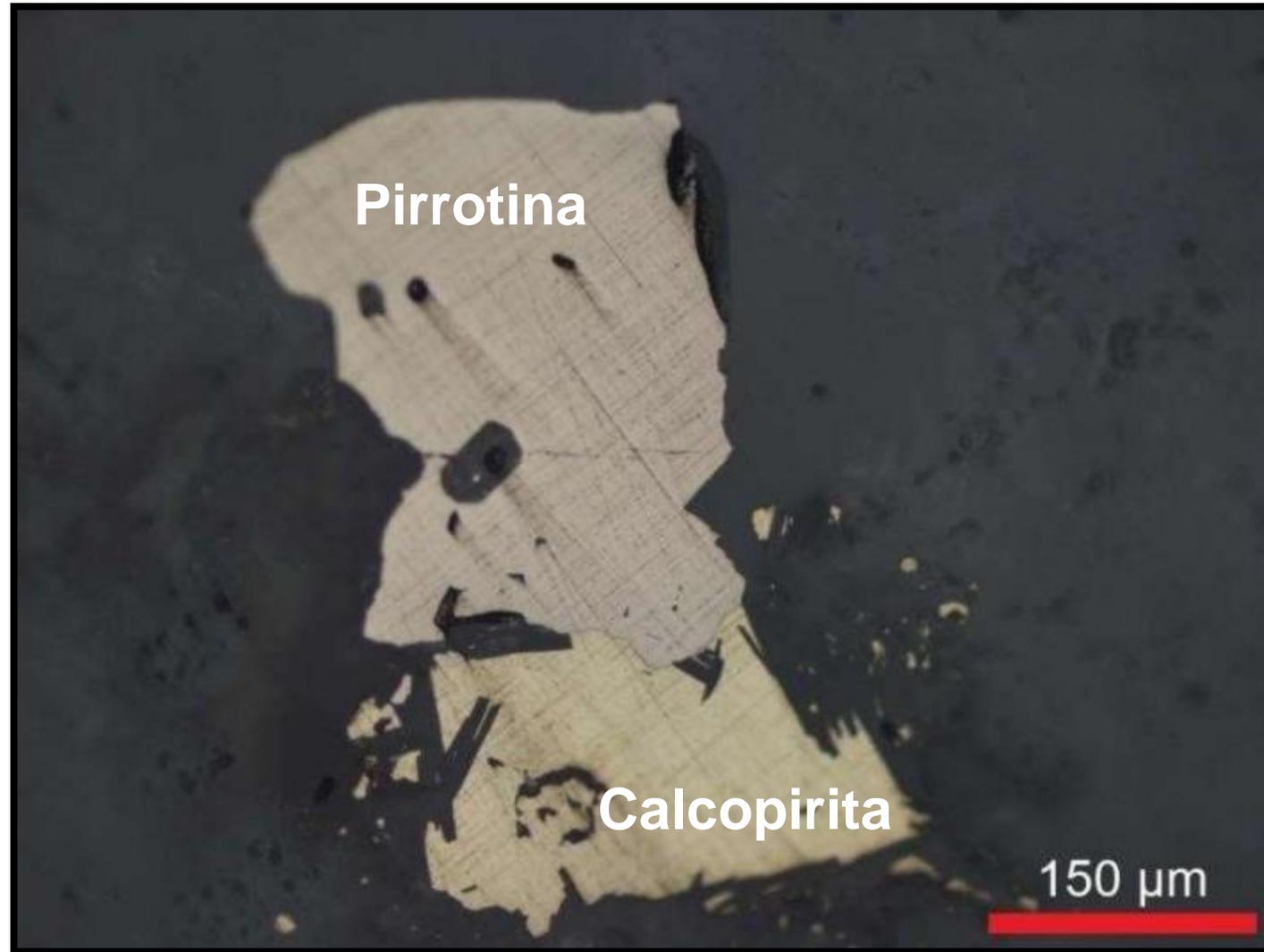
Pirrotina Fe_{1-x}S



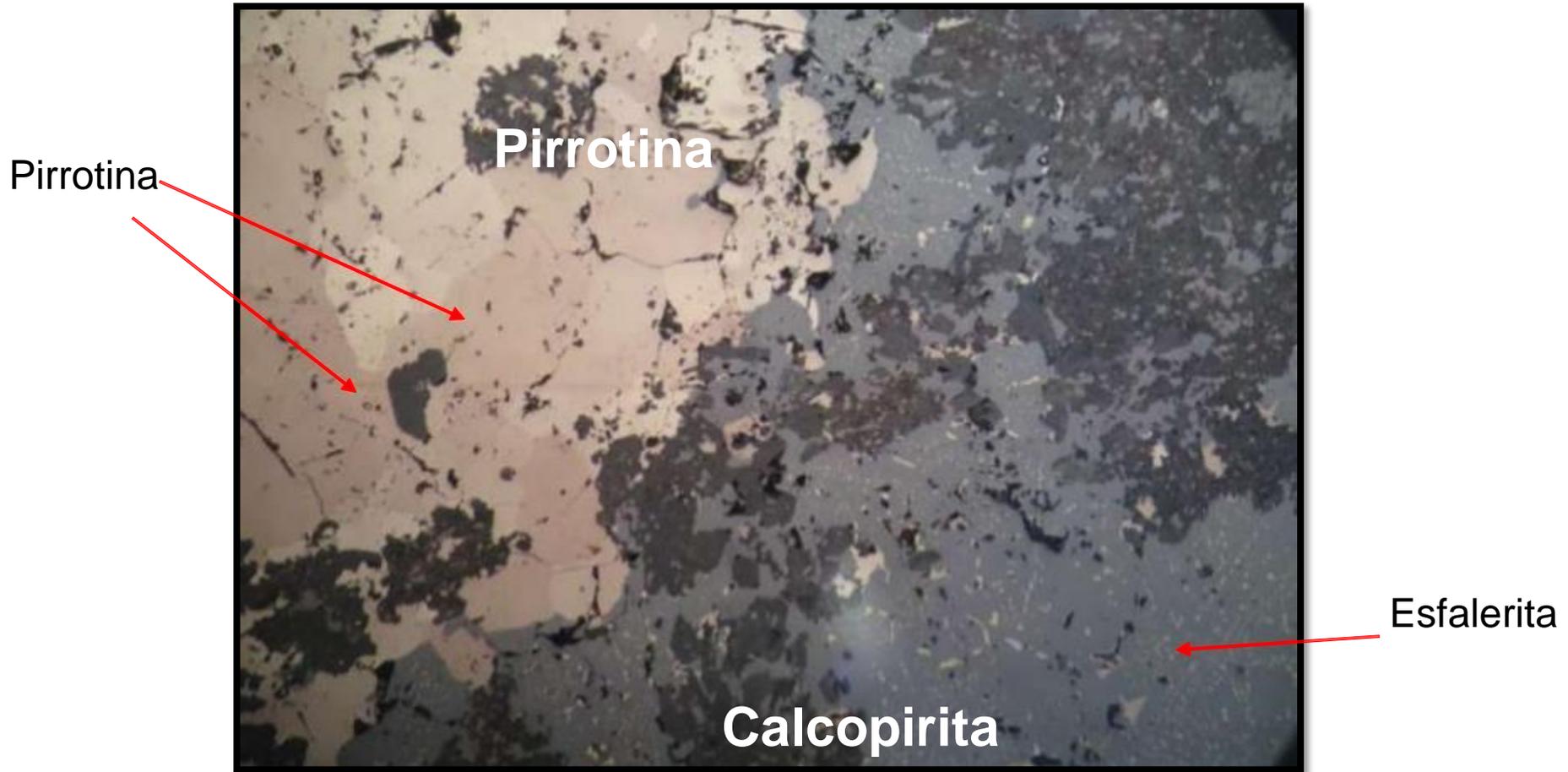
Pirrotina Fe_{1-x}S



Pirrotina Fe_{1-x}S



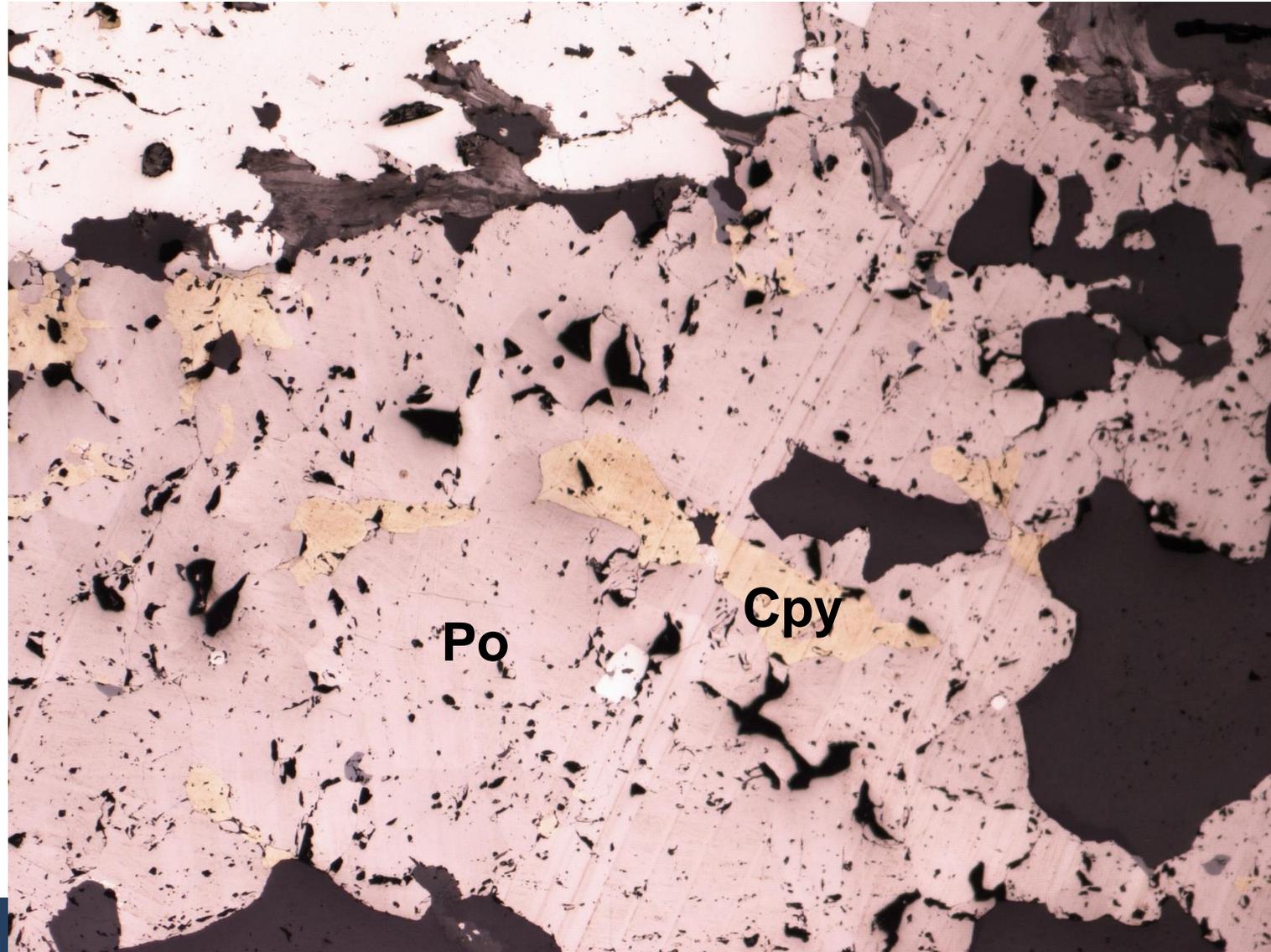
Pirrotina Fe_{1-x}S



Pirrotina Fe_{1-x}S



Pirrotina Fe_{1-x}S





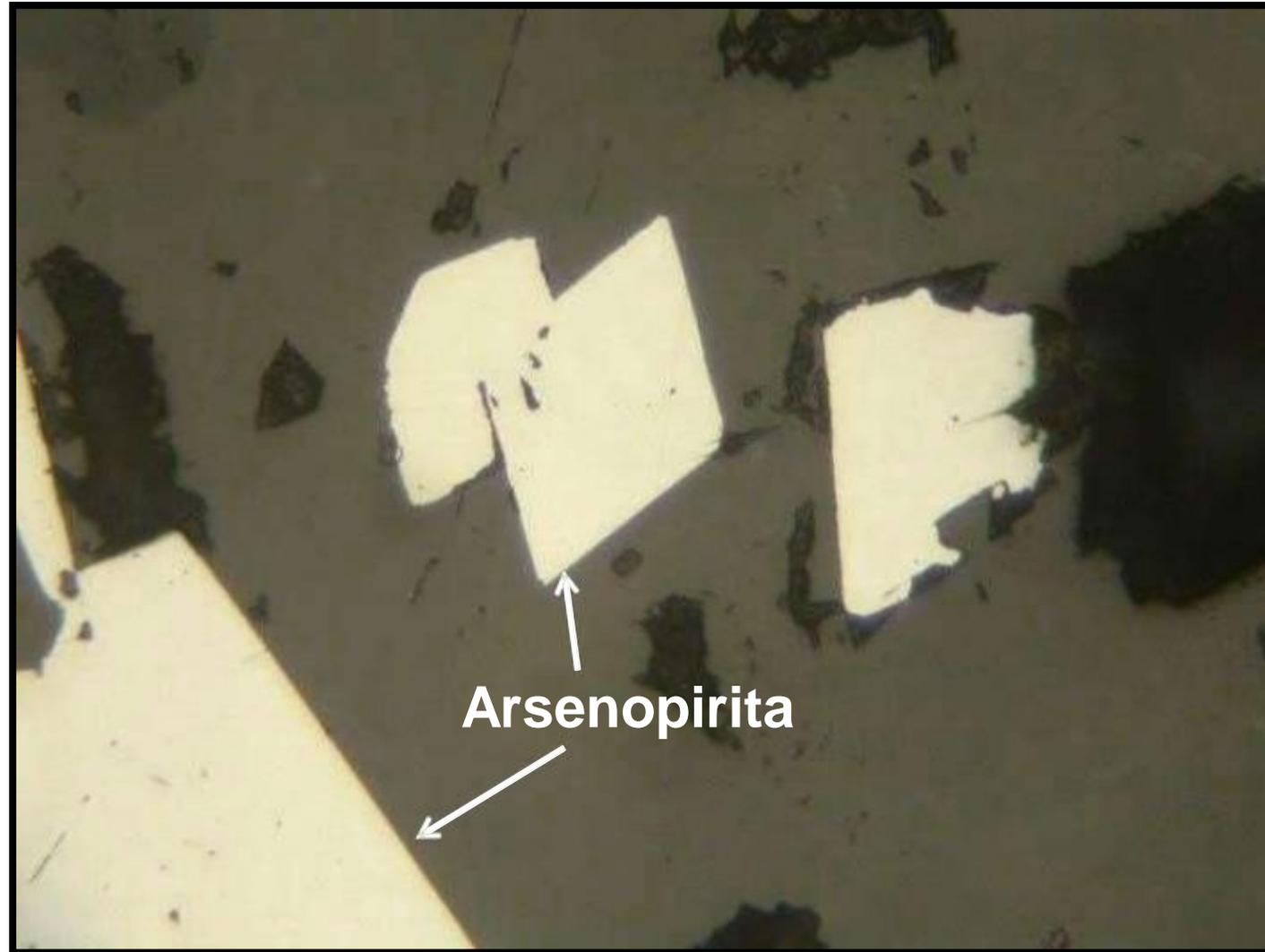
Arsenopirita FeAsS

- En general presenta una forma euhedral romboidal.

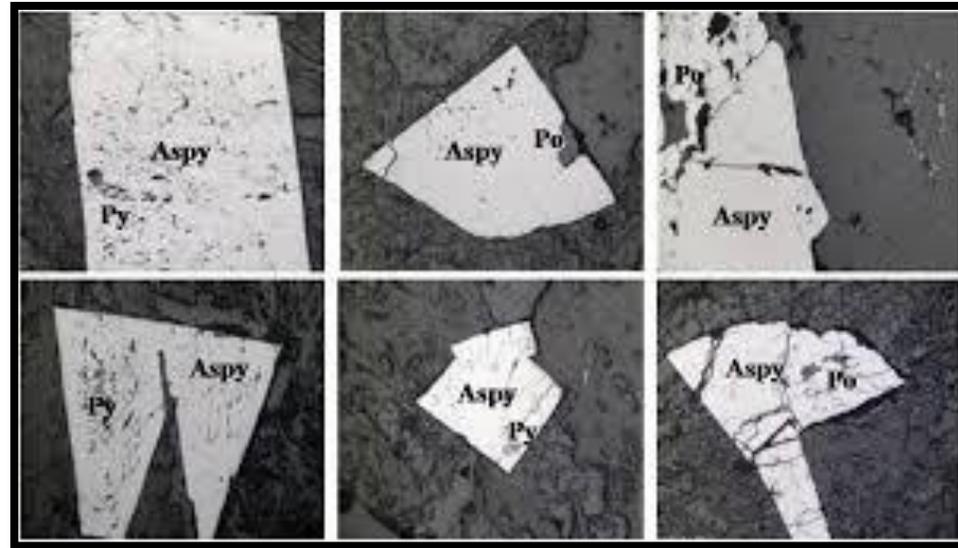
- Nícoles Paralelos:
 - ⦿ Color: **blanco amarillento.**
 - ⦿ Reflectividad y birreflectancia: alta (52%) y débil.
 - ⦿ Dureza: **media, buen pulido.**

- Nícoles Cruzados:
 - ⦿ Anisotropía: **media** (colores son azules-verdes-pardos oscuros).

Arsenopirita FeAsS



Arsenopirita FeAsS



Arsenopyrite



Magnetita Fe_3O_4

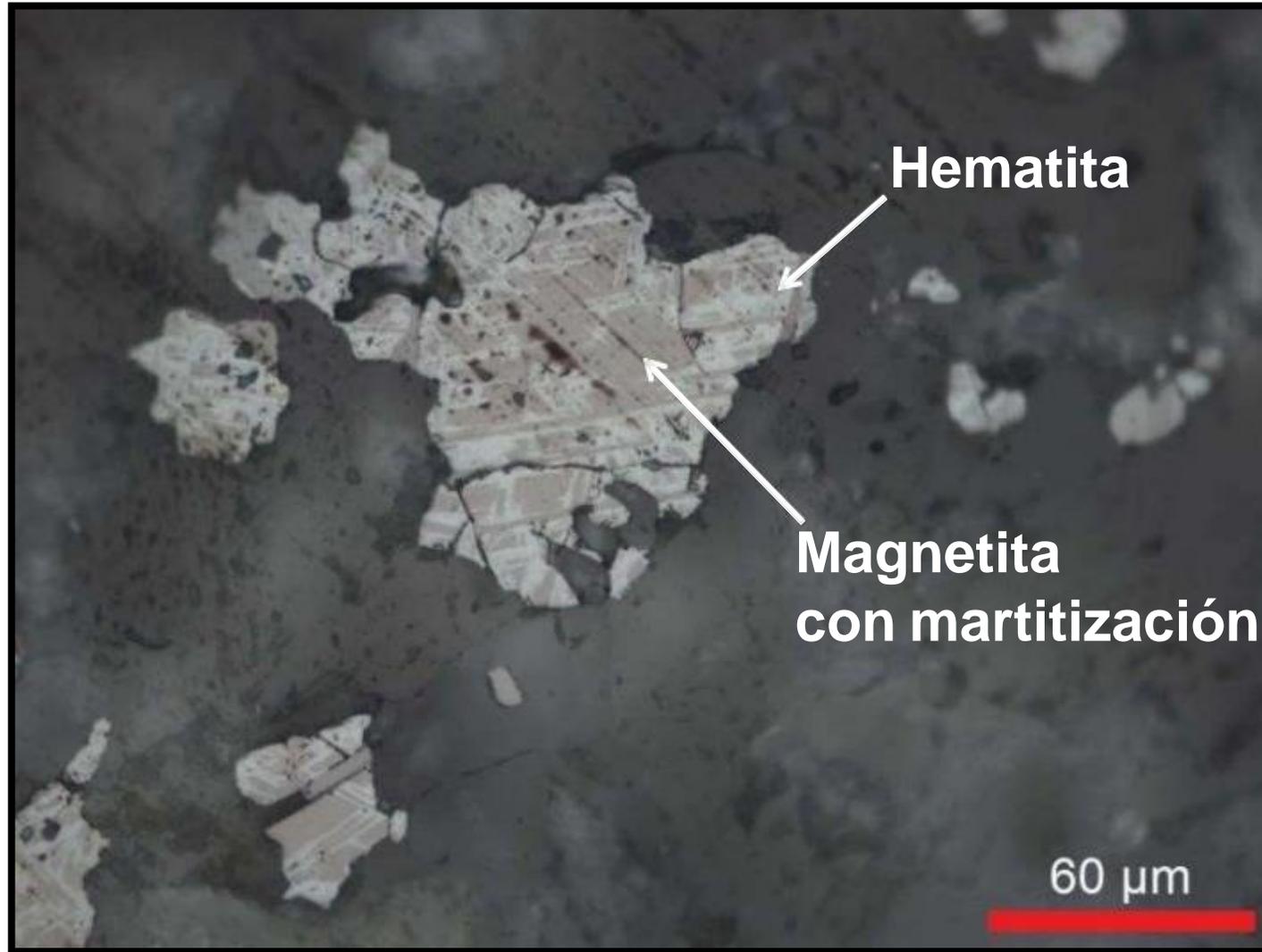
- En general presenta una forma subhedral a euhedral cúbica.
- Puede estar siendo reemplazada por hematita (cuando es un reemplazo según la estructura cristalina de la magnetita → martitización → Martita)

- Nícoles Paralelos:
 - ⦿ Color: **gris con un tinte pardo.**
 - ⦿ Reflectividad: baja (21%).
 - ⦿ Dureza: **media, buen pulido.**
- Nícoles Cruzados:
 - ⦿ Anisotropía: **isótropa.**

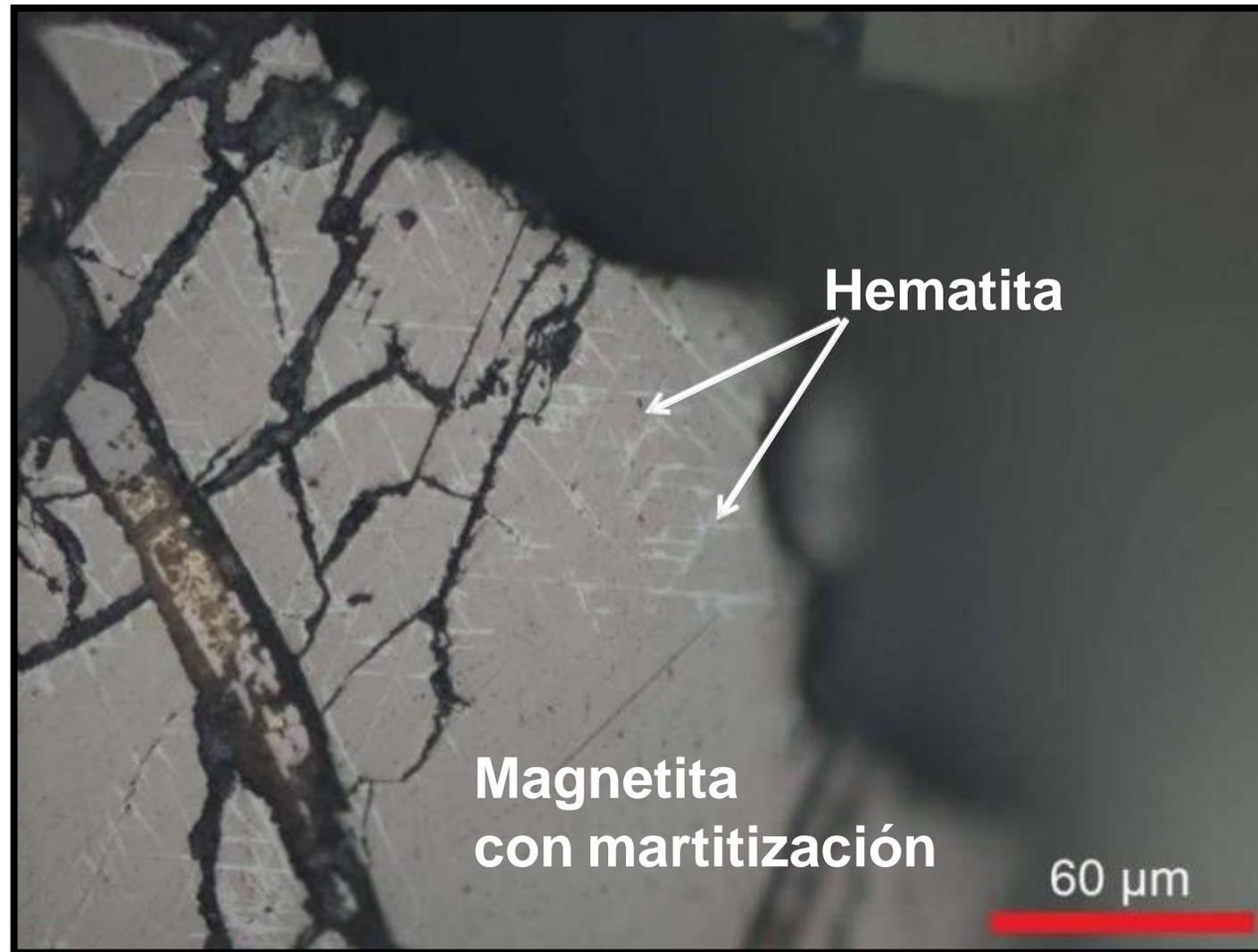
Magnetita Fe_3O_4



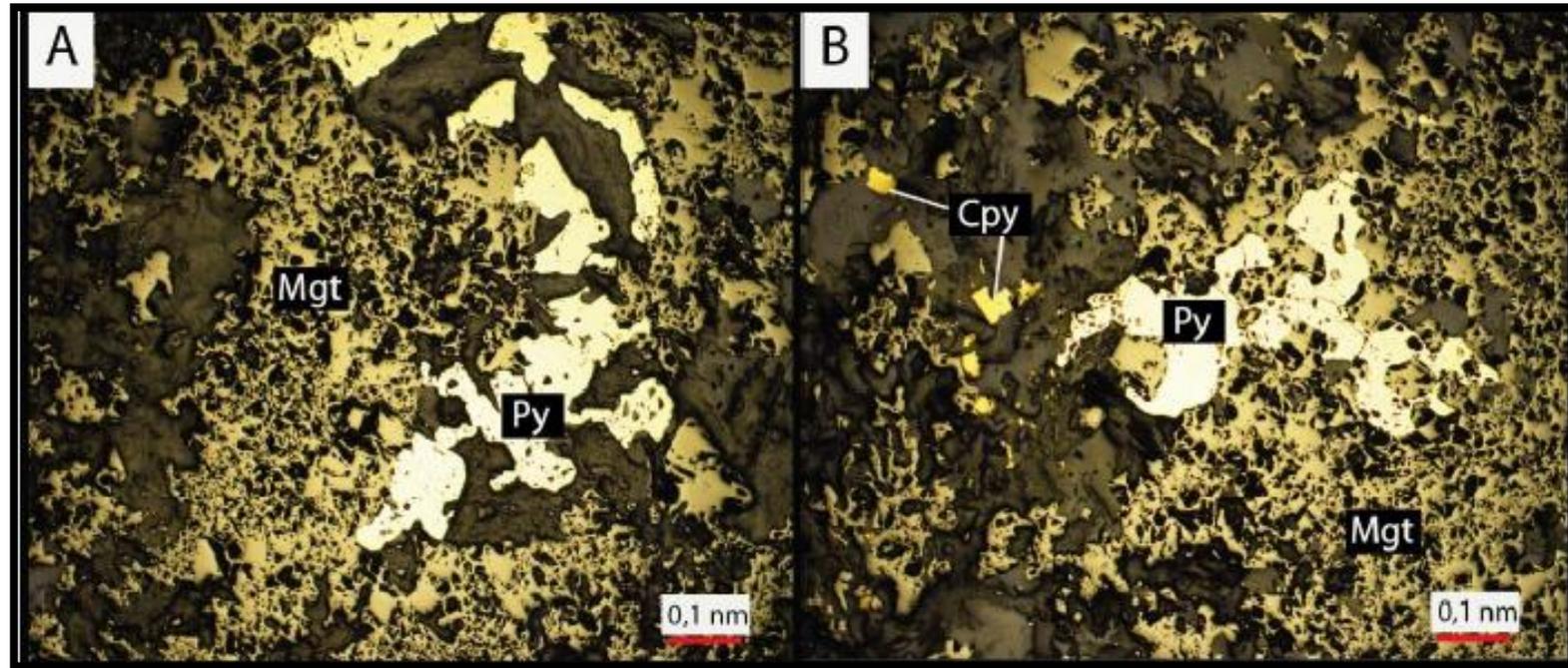
Magnetita Fe_3O_4



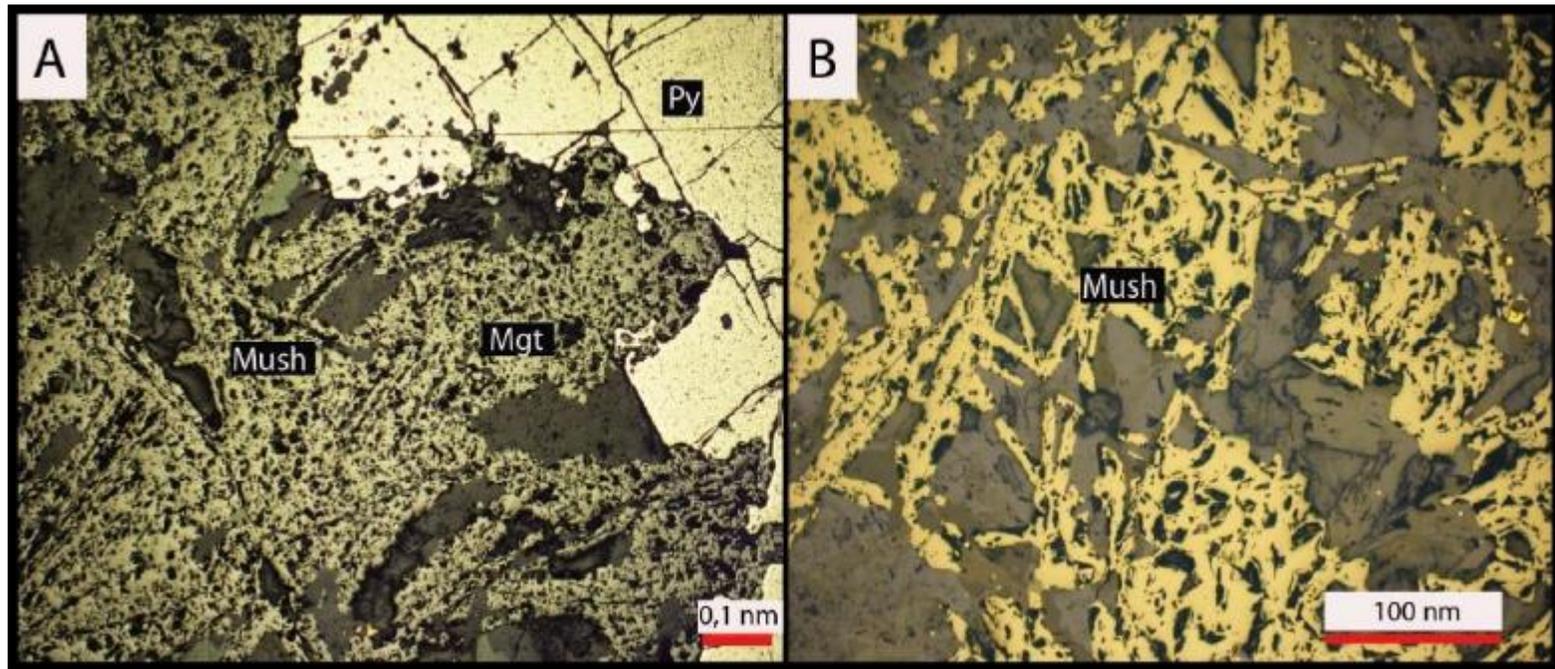
Magnetita Fe_3O_4



Magnetita Fe_3O_4



Magnetita Fe_3O_4



Magnetite



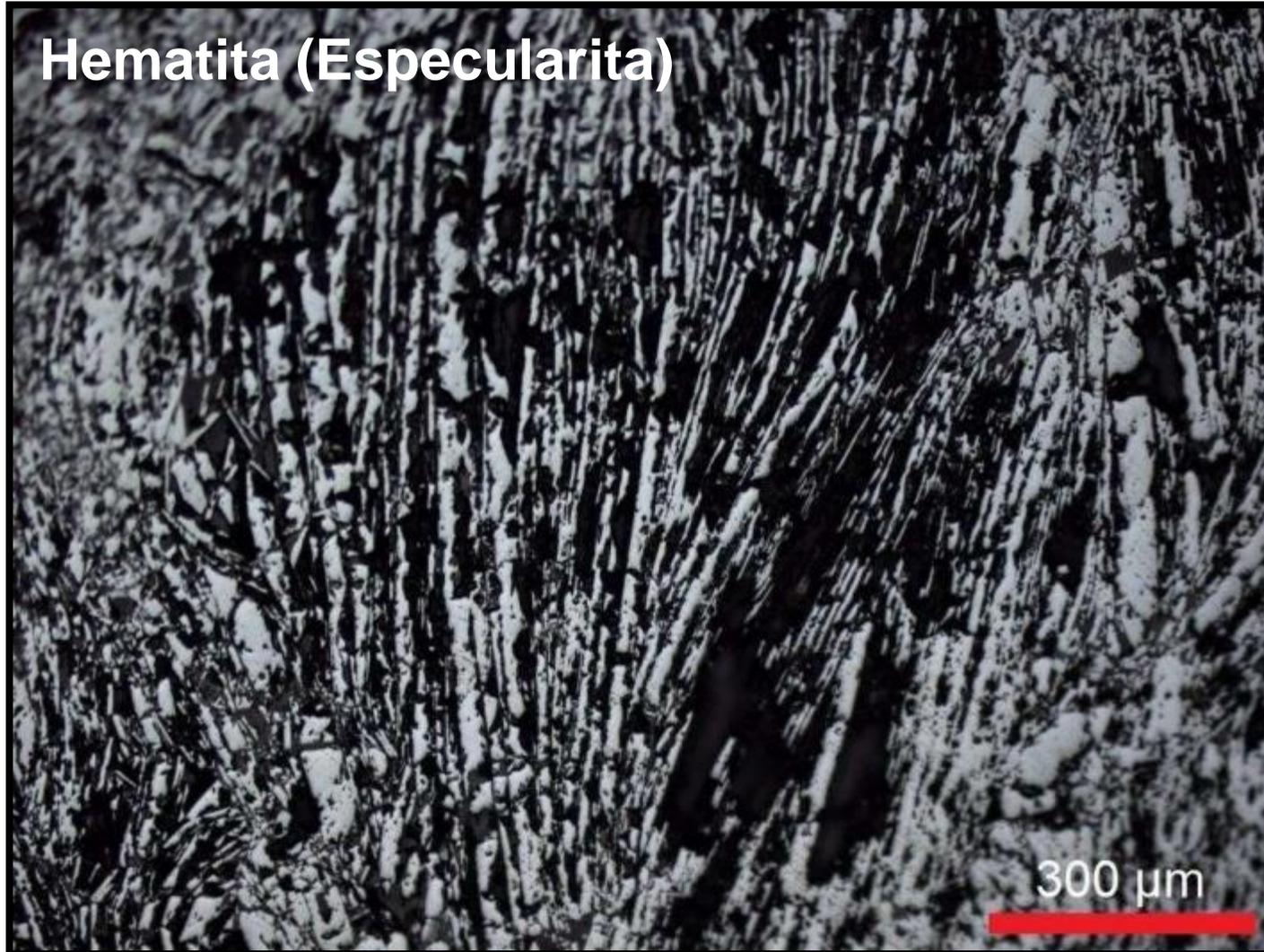
Hematita Fe_2O_3

- En general presenta una forma subhedral a euhedral laminar → Especularita.

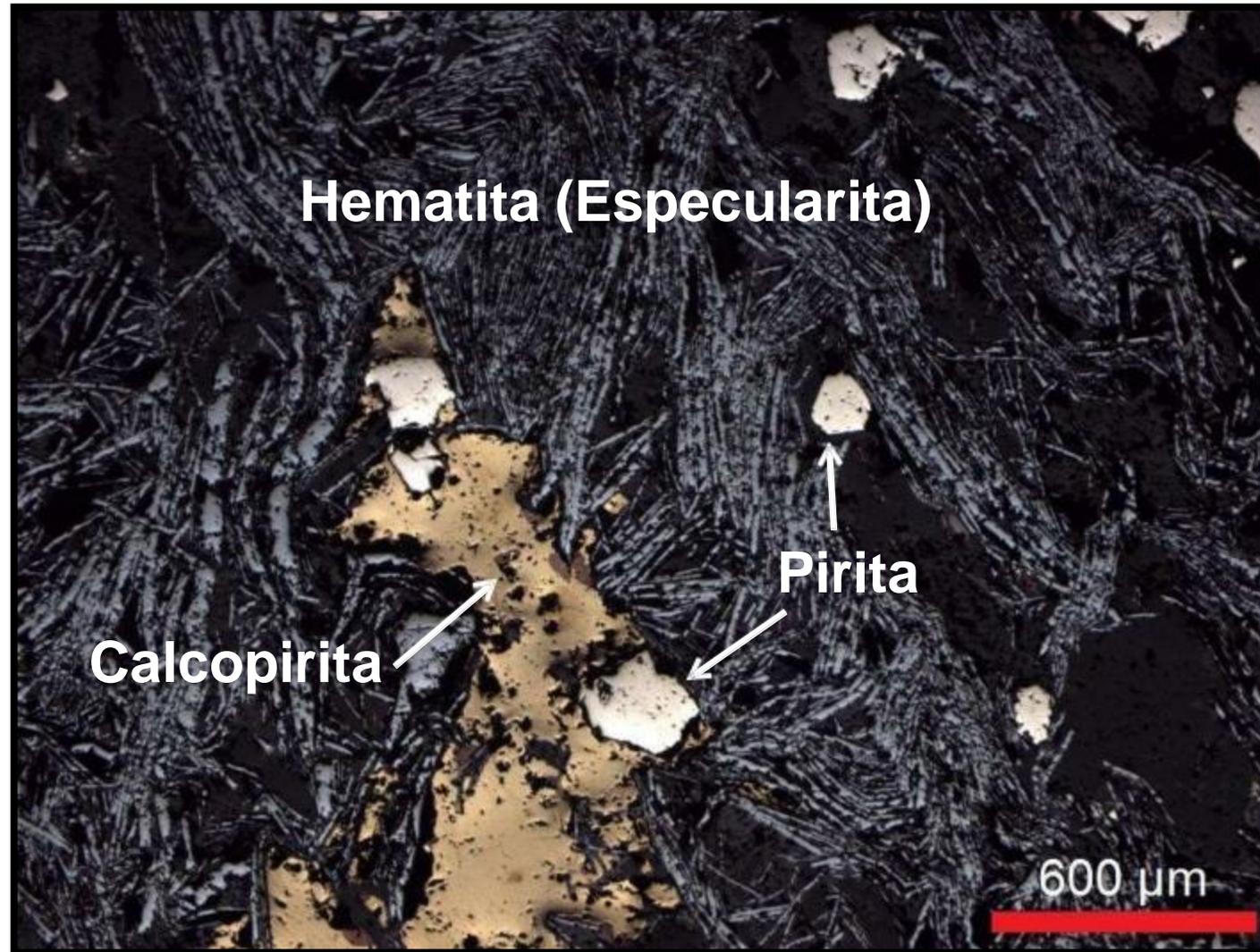
- Nícoles Paralelos:
 - Color: **gris con un leve tinte azulado.**
 - Reflectividad: media (26-30%).
 - Dureza: **media, buen pulido.**

- Nícoles Cruzados:
 - Anisotropía: **débil** (colores varían entre gris azulado y gris amarillento).
 - Reflejos internos: **rojos.**

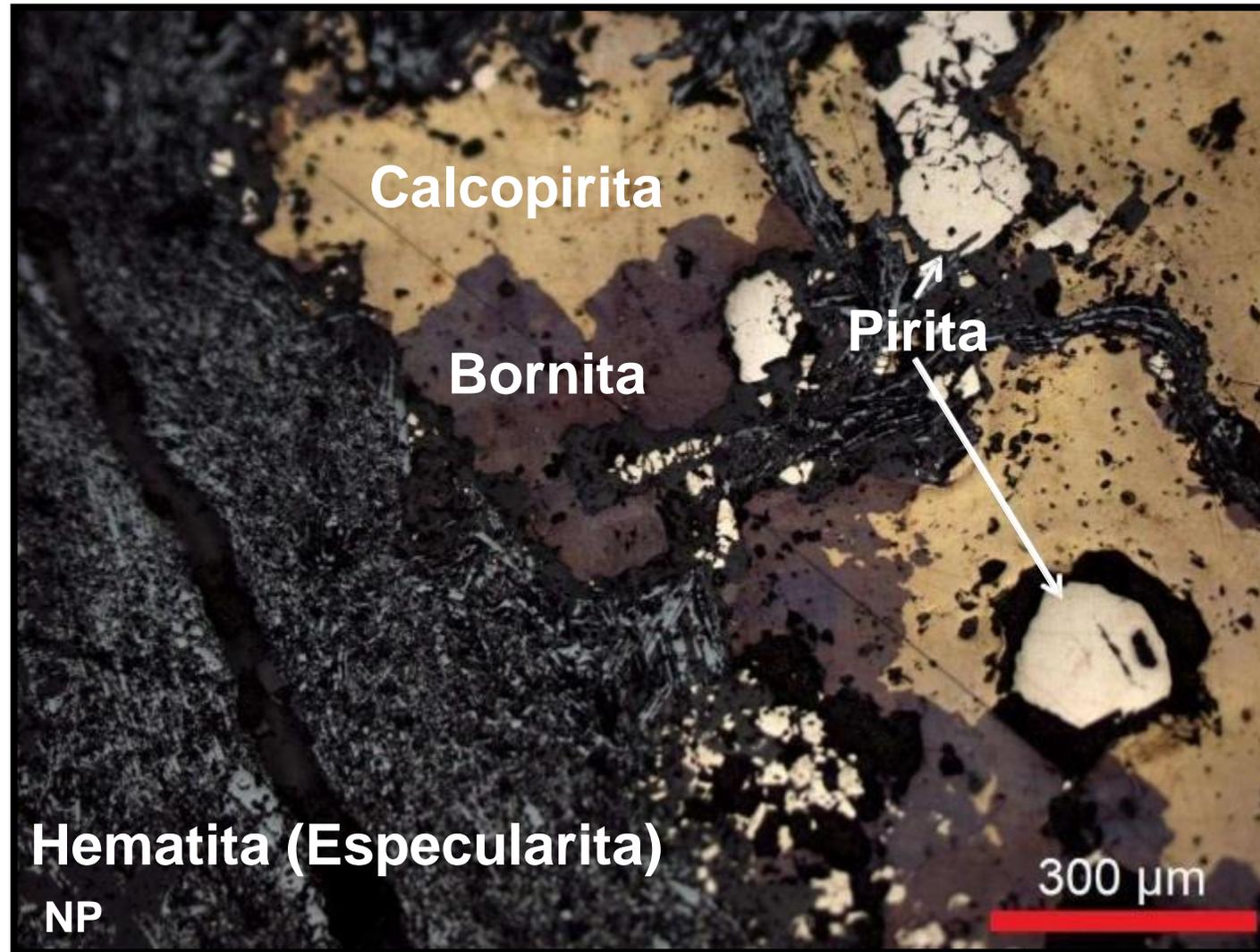
Hematita Fe_2O_3



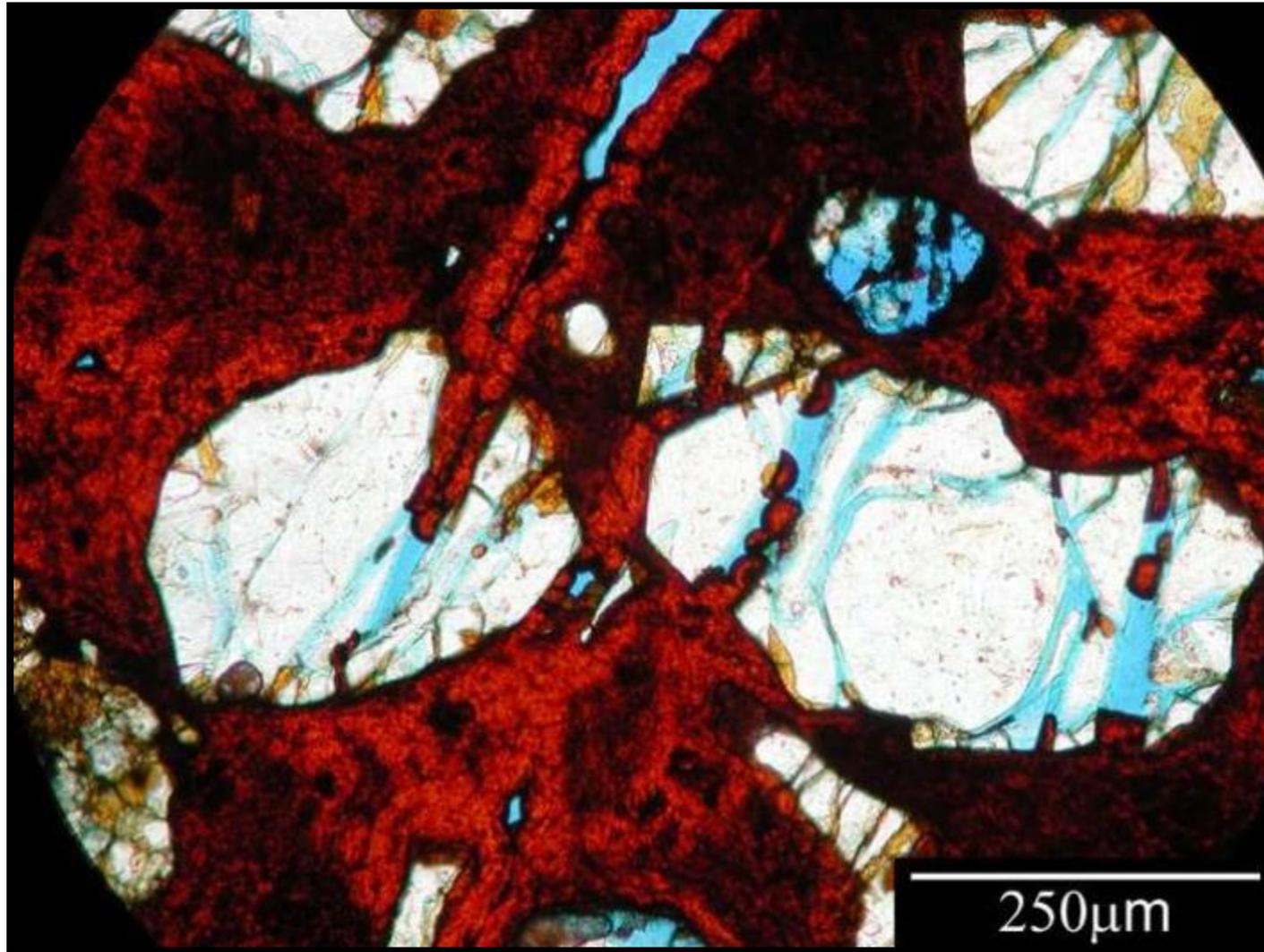
Hematita Fe_2O_3



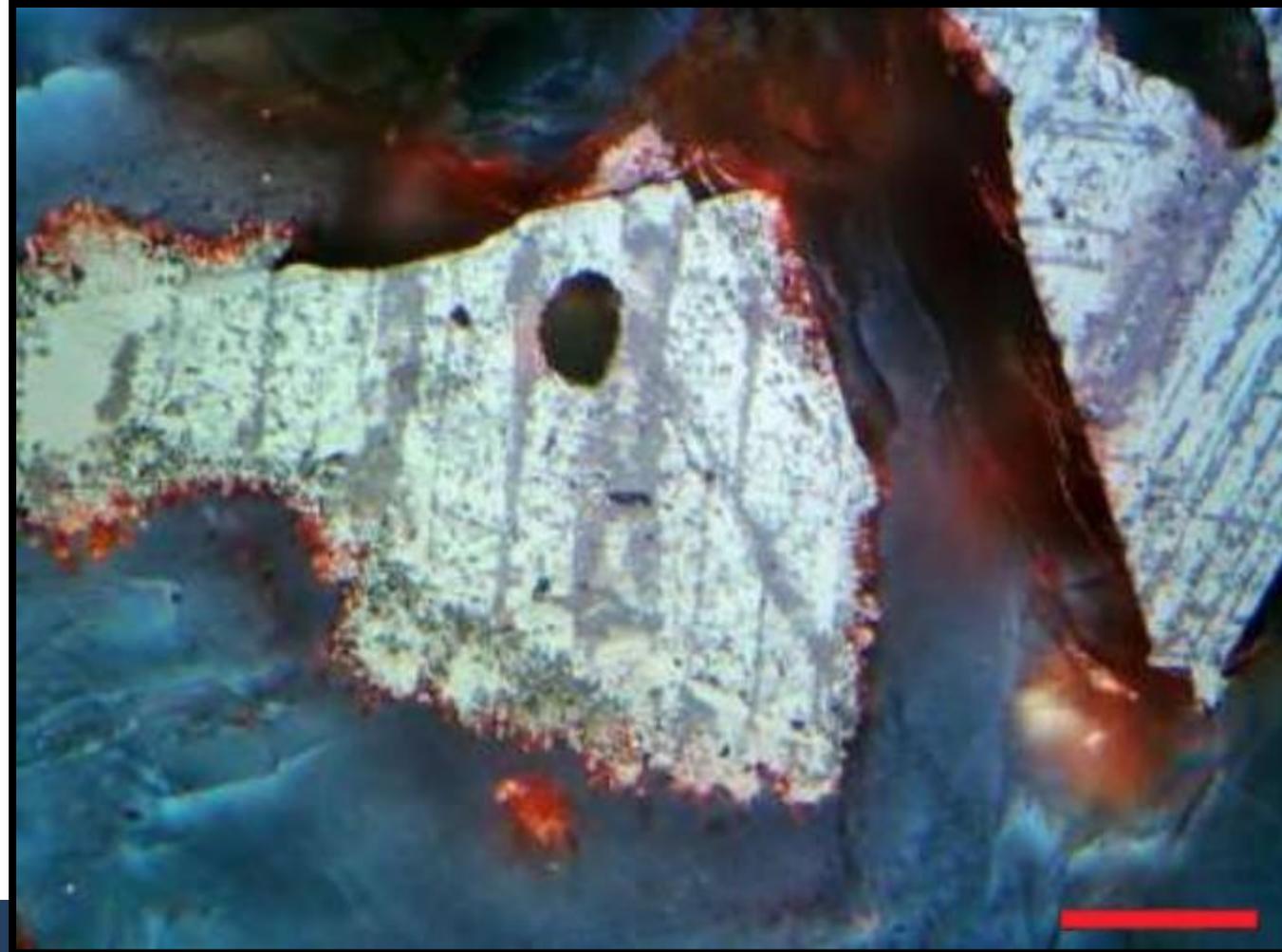
Hematita Fe_2O_3



Hematite Fe_2O_3



Hematita Fe_2O_3



Hematite



Ilmenita FeTiO_3

Se encuentra como granos subhedrales a anhedrales y con lamelas de exsolución en hematitas o magnetitas.

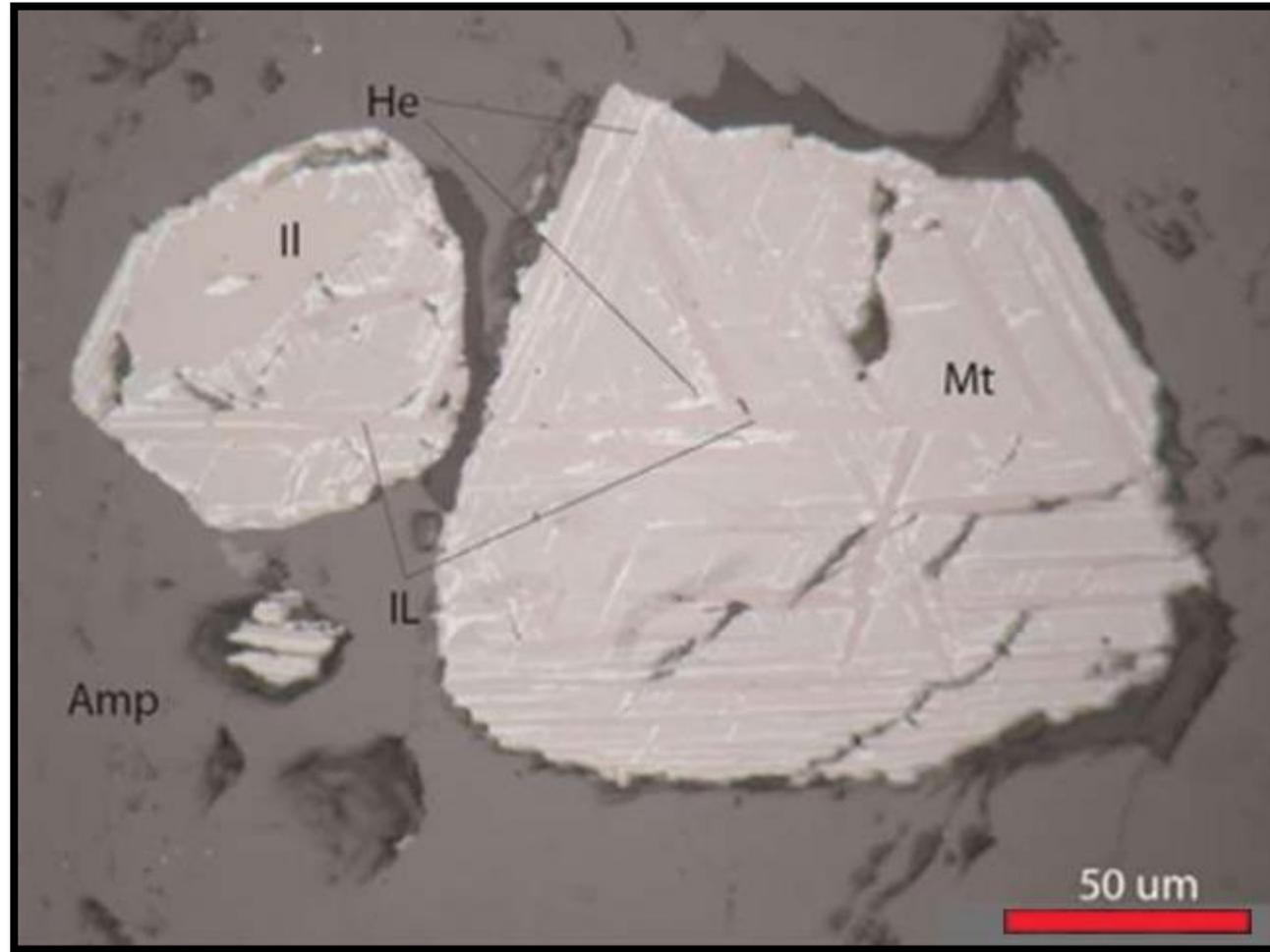
□ Nícoles Paralelos:

- ⦿ Color: **Gris blanco con tinte parduzo, rosa o violeta.**
- ⦿ Reflectividad: Baja (17-20,1%).
- ⦿ Dureza: **Alta.**

□ Nícoles Cruzados:

- ⦿ Anisotropía: **Fuerte** (colores varían de gris verdoso claro a gris parduzco).
- ⦿ Reflejos internos: puede presentar (marrón oscuro).
- ⦿ Puede presentar **maclas lamelares.**

Ilmenite FeTiO_3



Ilmenite



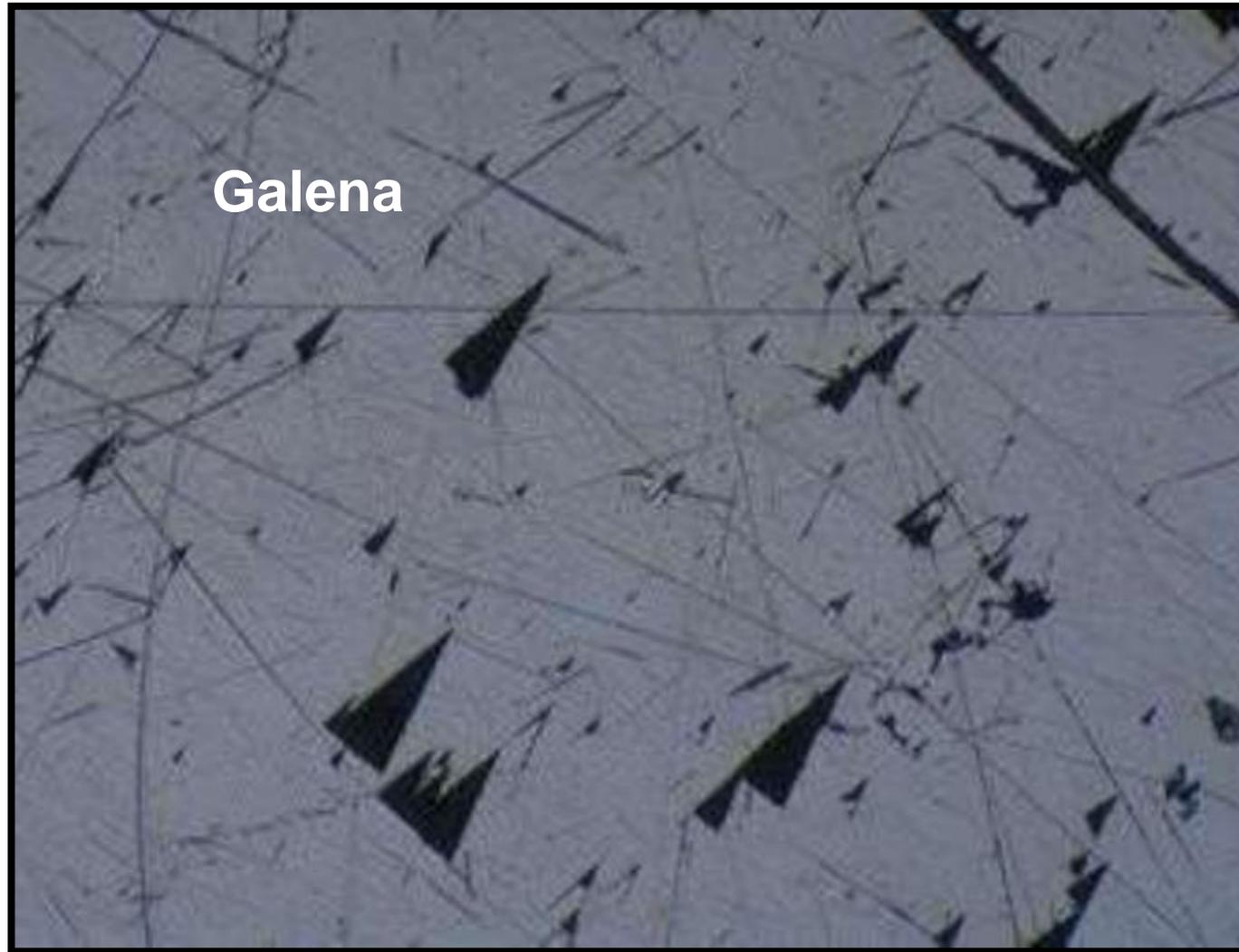
Galena PbS

- Debido a su baja dureza y clivaje, al pulir el mineral se observan arranques triangulares característicos.

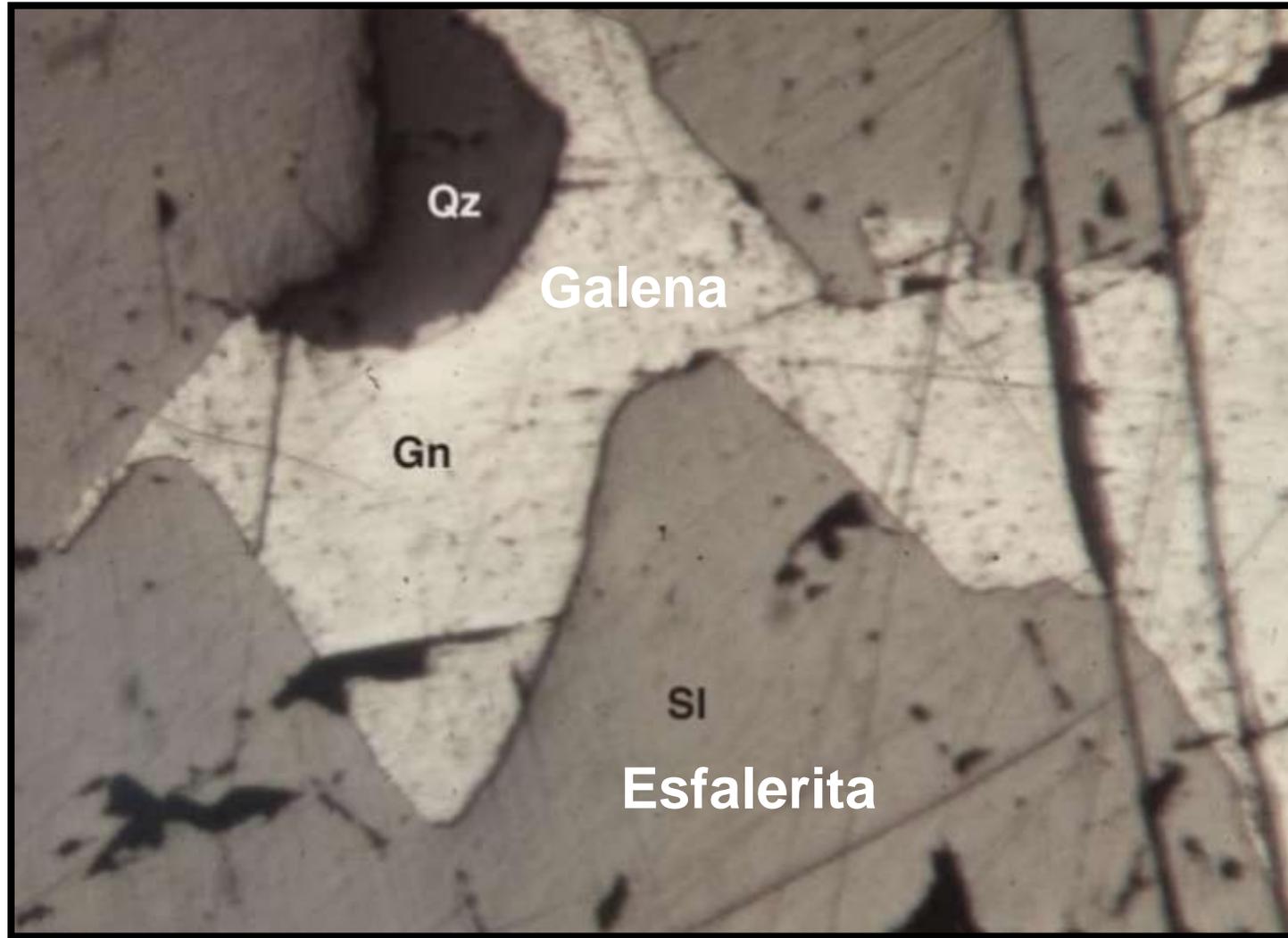
- Nícoles Paralelos:
 - ⦿ Color: **blanco**.
 - ⦿ Reflectividad: alta (43-44%).
 - ⦿ Dureza: **muy baja, pulido con arranques triangulares y rayas**.

- Nícoles Cruzados:
 - ⦿ Anisotropía: **isótropa**.

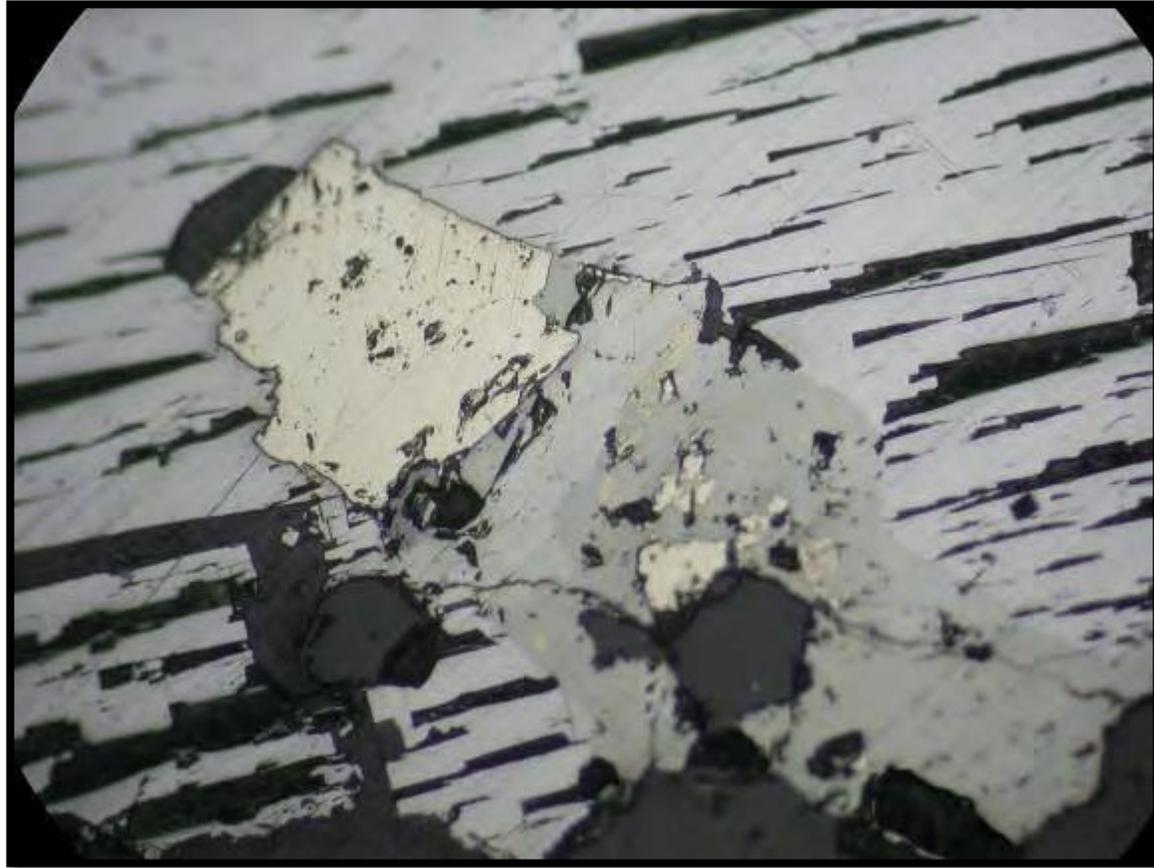
Galena PbS



Galena PbS



Galena PbS



Galena



Esfalerita ZnS

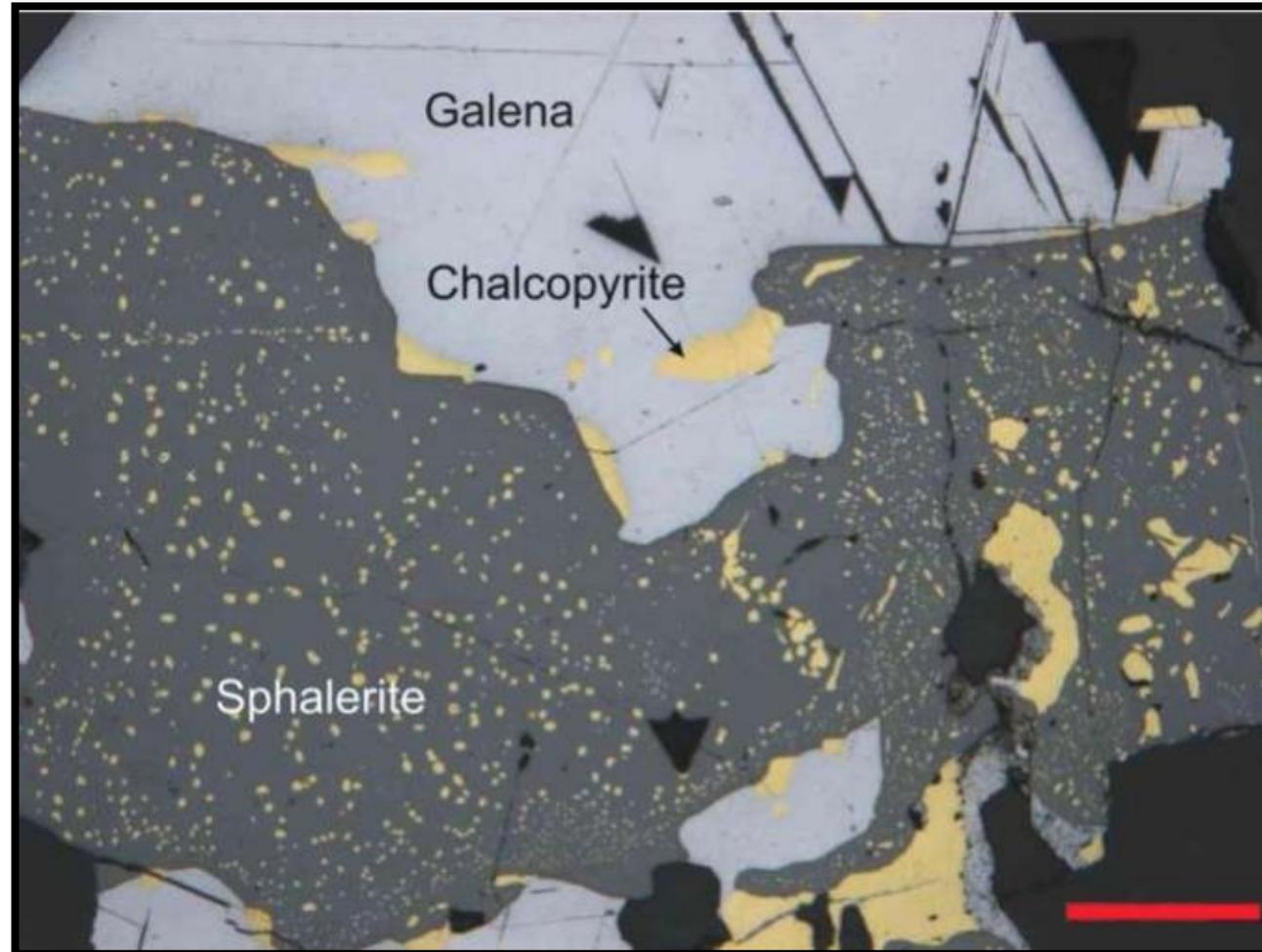
- Puede presentar exsolución de calcopirita (pequeñas 'gotas' dentro de un cristal) → *chalcopyrite disease* → buena propiedad diagnóstica.

- **Nícoles Paralelos:**
 - Color: **gris.**
 - Reflectividad: baja (17-20%).
 - Dureza: **baja, buen pulido** aunque casi siempre con rayas.

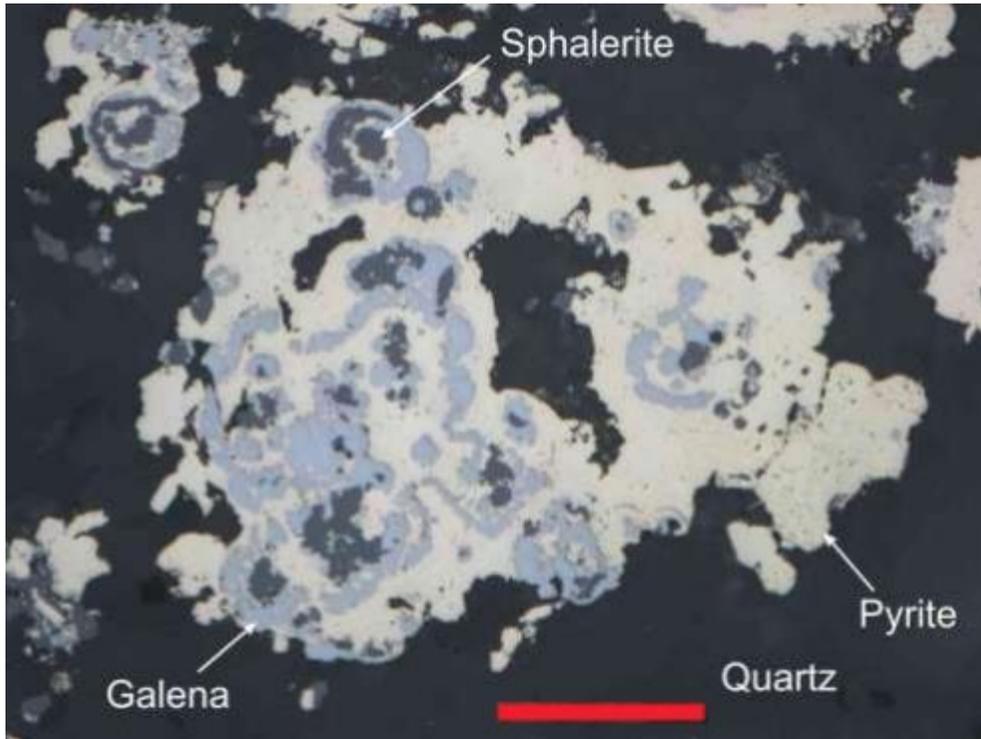
- **Nícoles Cruzados:**
 - Anisotropía: **isótropa.**
 - Reflejos Internos: **variables → blanco → amarillo → anaranjado → rojo → pardo → negro** (mientras más Fe tenga la esfalerita, más oscuros serán los reflejos internos) → variación entre 1% y 30% de Fe aproximadamente.

Esfalerita ZnS

Esfalerita con *chalcopyrite disease*

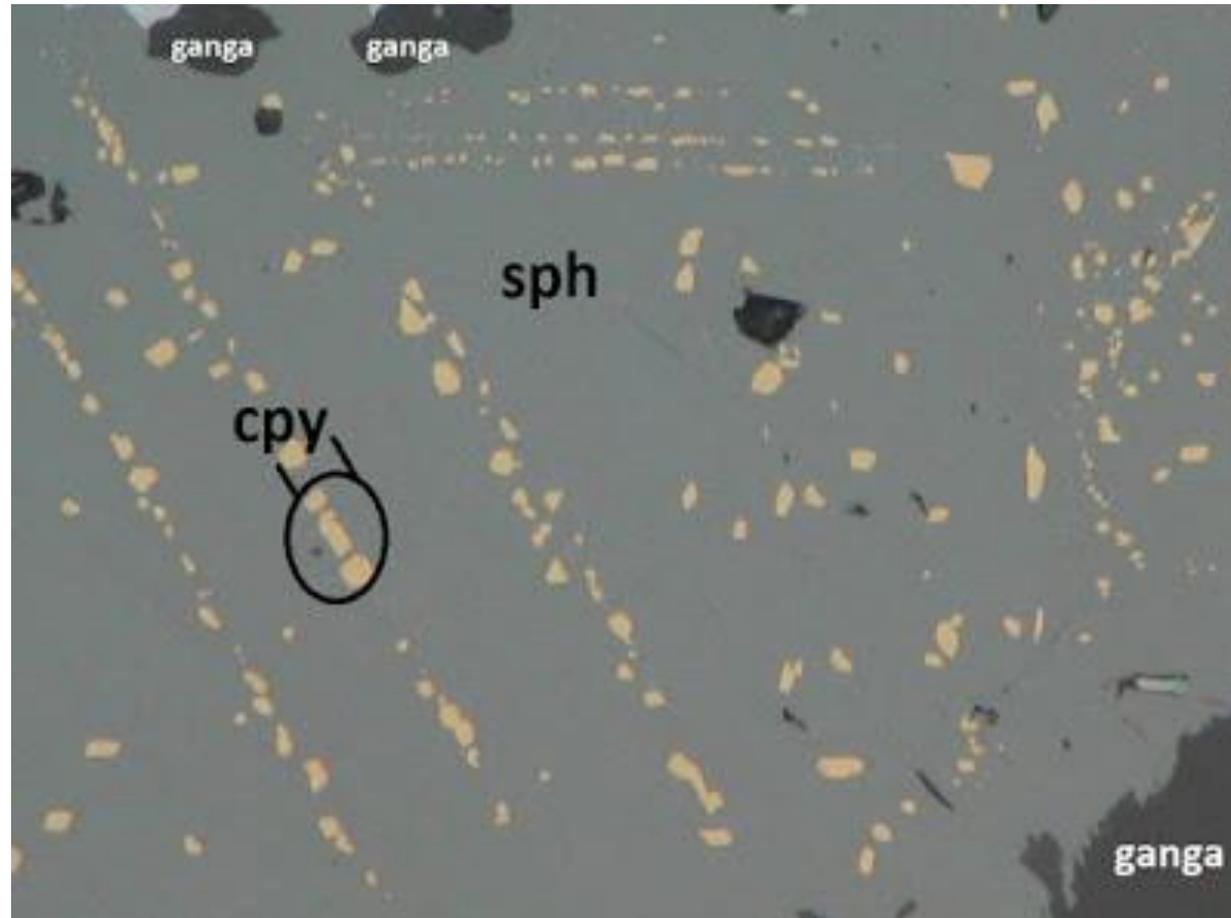


Esfalerita ZnS



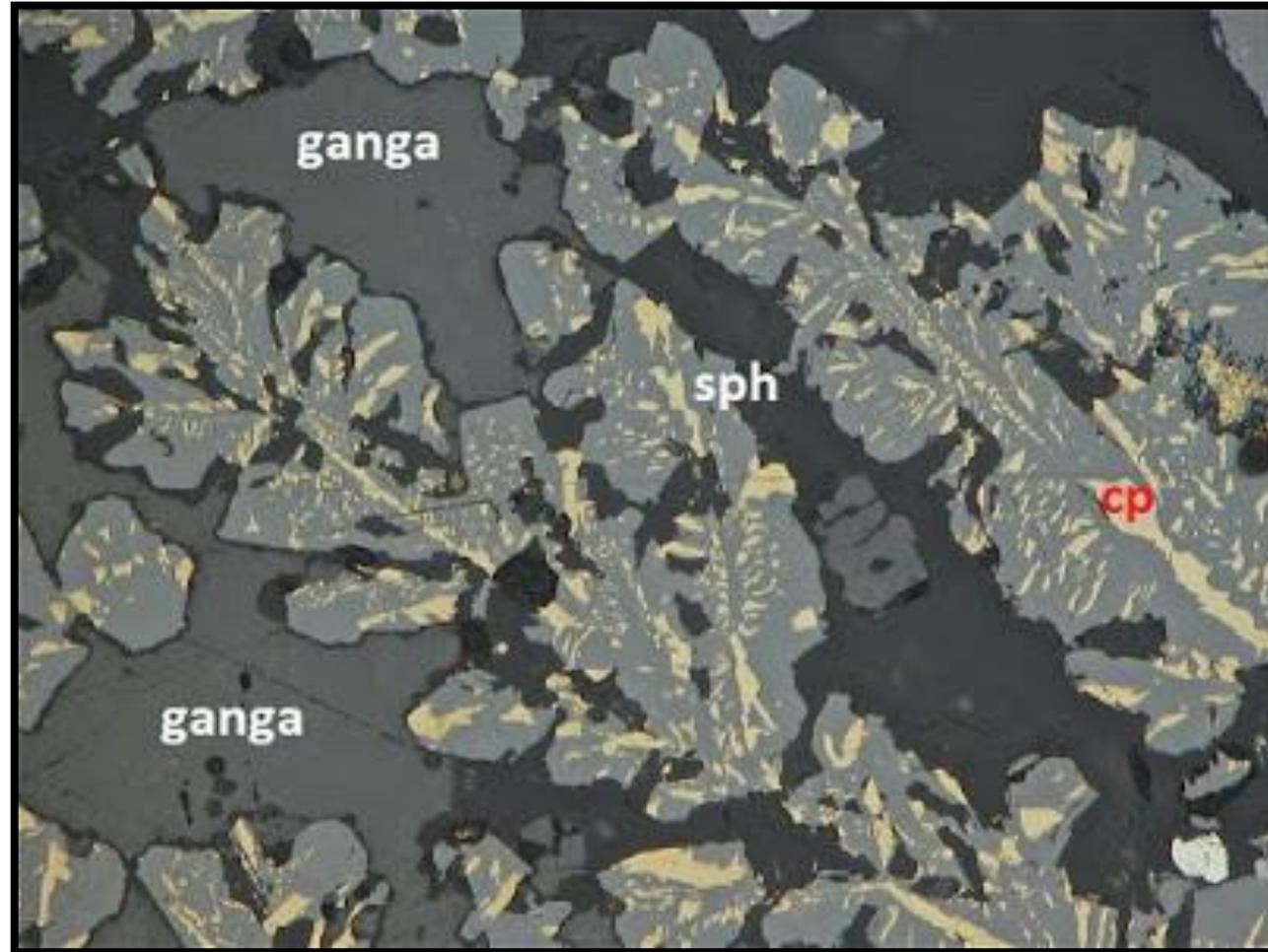
Esfalerita ZnS

Esfalerita con *chalcopyrite disease*

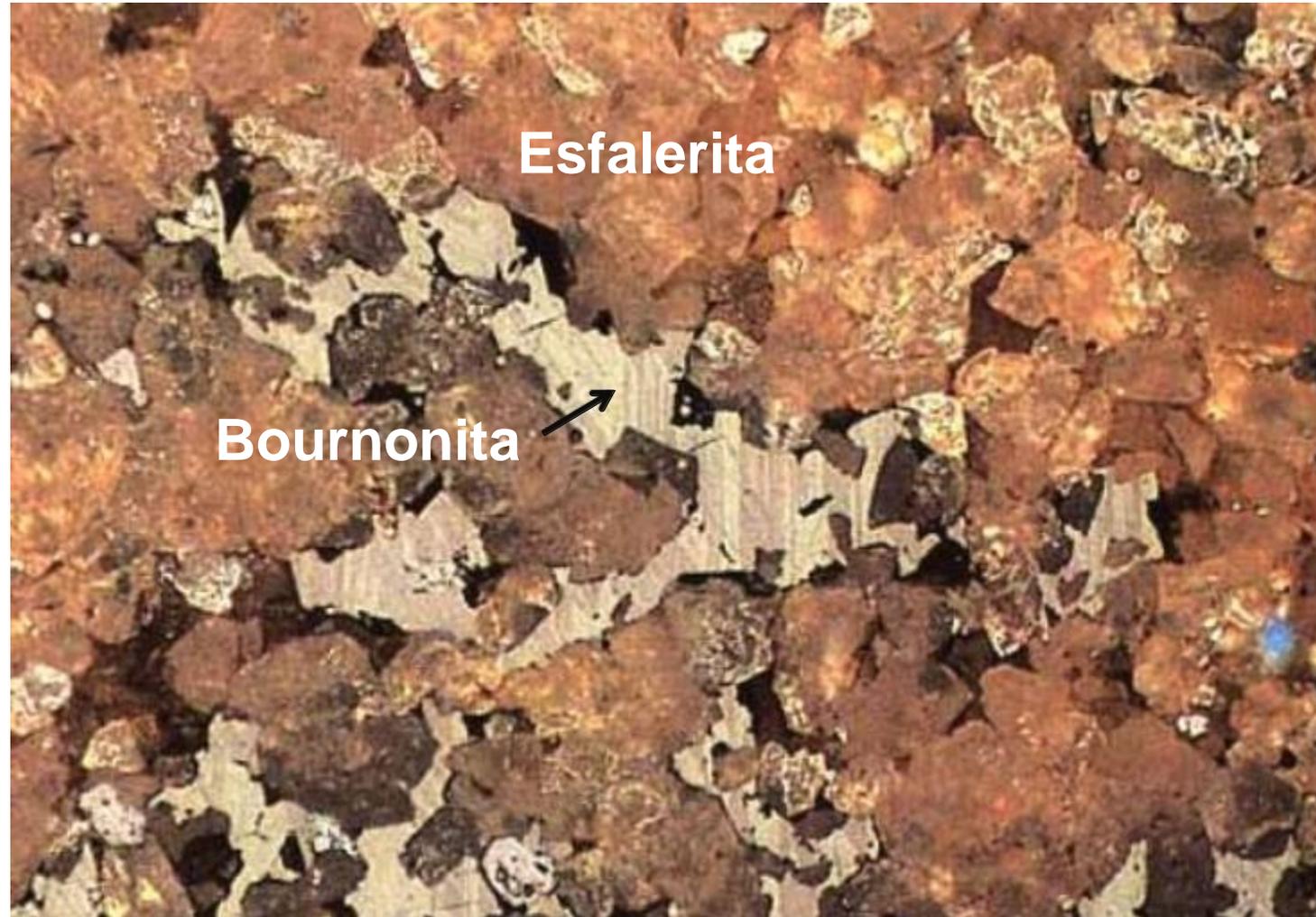


Esfalerita ZnS

Esfalerita con *chalcopyrite disease*



Esfalerita ZnS



Sphalerite



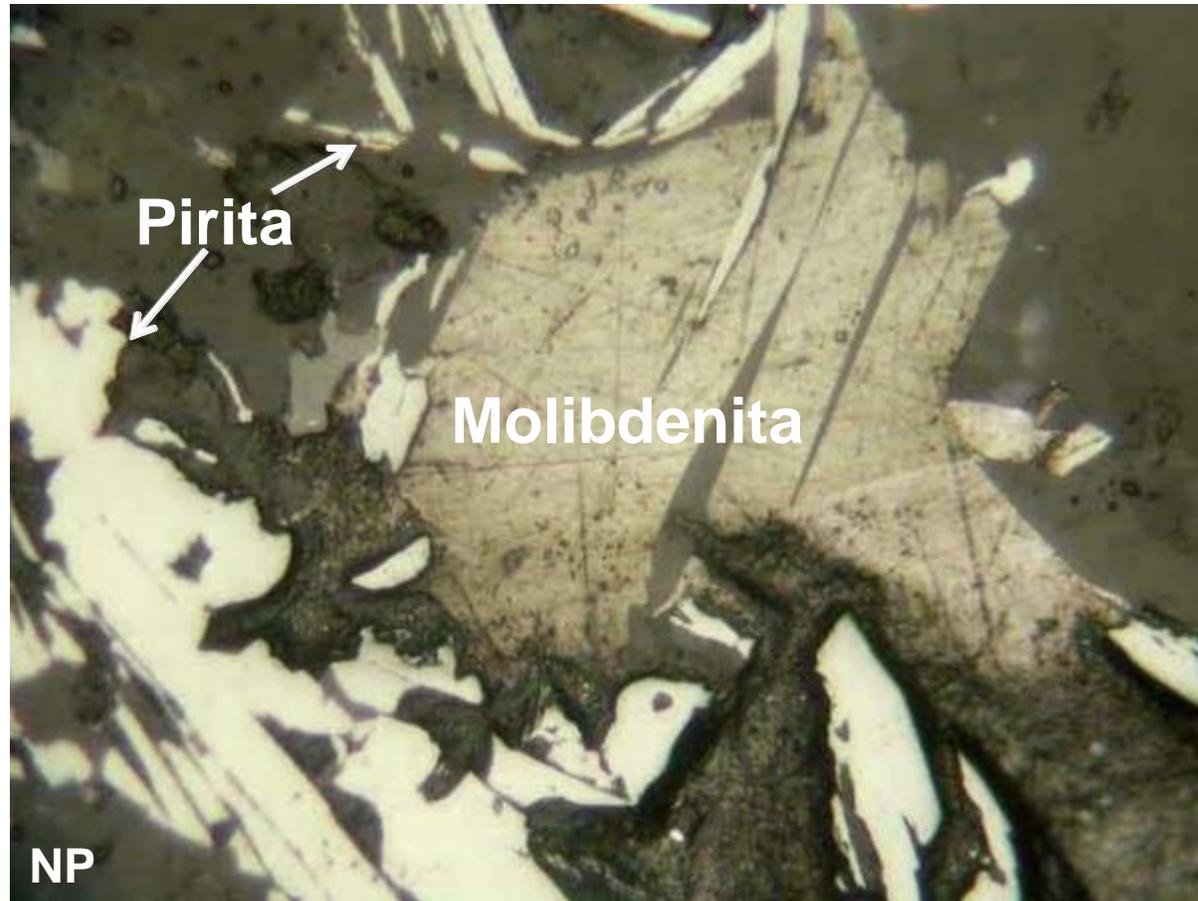
Molibdenita MoS_2

- Debido a su extremadamente baja dureza, en general se observa con signos de deformación.

- **Nícoles Paralelos:**
 - ⦿ Color: **crema variable** (más claro u oscuro).
 - ⦿ Reflectividad y birreflectancia: variable (19-42%) y marcada (fuerte).
 - ⦿ Dureza: **muy baja, mal pulido** (en general muy rayado).

- **Nícoles Cruzados:**
 - ⦿ Anisotropía: **muy fuerte** (colores varían de gris claro u oscuro) → puede observarse como 'extinción ondulosa'.

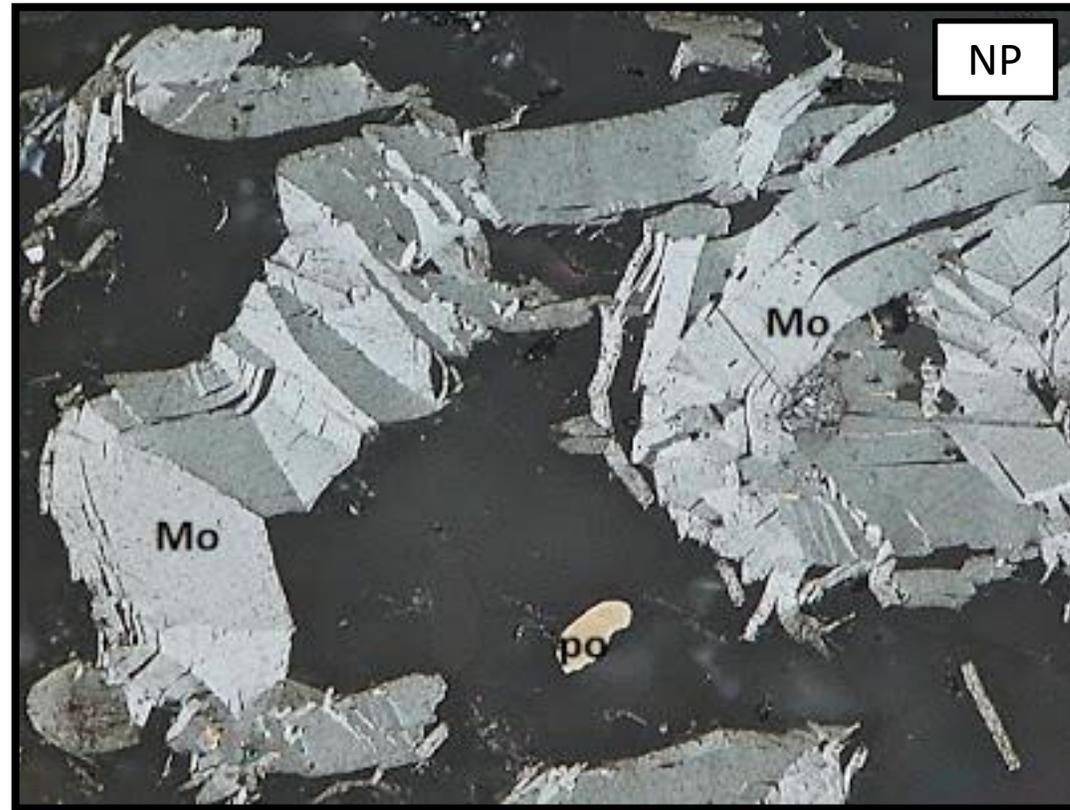
Molibdenita MoS_2



Molibdenita MoS_2



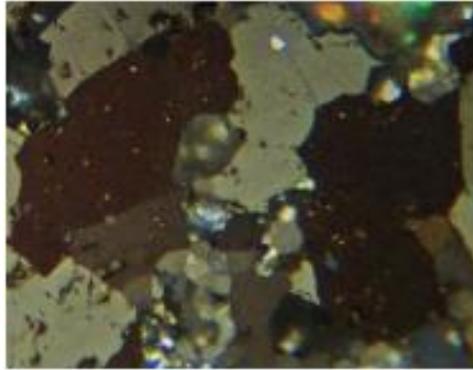
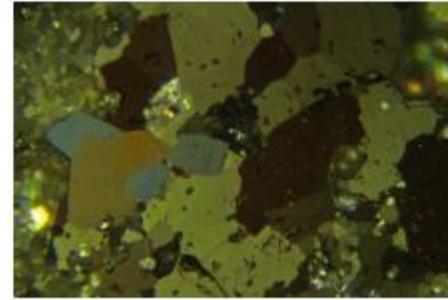
Molibdenita MoS_2



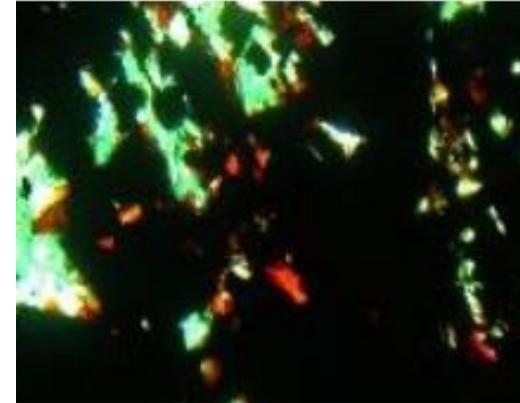
Molybdenite

PIRROTITA – FeS

ND: color en tonos marrones y amarillos con rosa, similar a la bornita. Desenfoque muy rápidamente a marrón. Debilidad a ausencia de pleocroísmo. La reflectividad del 37 al 42%, no tiene birreflectancia.
NC: anisotropía fuerte de amarillo-gris a verde suave, gris a azulado. El color marrón es fuerte, el azul es más discreto. Sin reflejos internos.
Imagen: NC, pirrotita (gris a marrón), arsenopirita (azul y naranja), ganga (reflejos incoloros y luminosos).



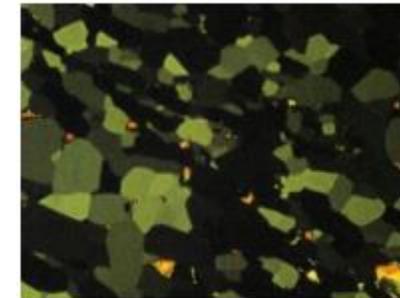
NC: pirrotina (gris y marrón), ganga (reflejos incoloros)



NC: reflejos rojos en hematita

HEMATITA – Fe₂O₃

ND: color blanco puro, sin pleocroísmo. Reflectividad del 29%, con birreflectancia distinta (compare granos o maclas adyacentes).
NC: anisotropía clara en tonos marrones. Reflejos internos raros o ausentes, en rojo sangre intenso. Posibles manchas. Mineral común. Asociación con magnetita muy común.
Imagen: NC, hematita (gris claro y oscuro). Silicatos (naranja).

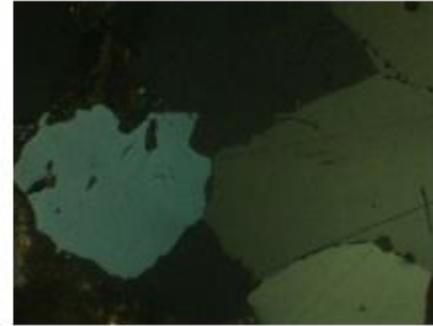


ILMENITA – FeTiO₃

ND: color gris-marrón a gris-marrón, sin pleocroísmo. 19% de reflectividad, con birreflectancia débil (¡vea límites y objetivos!). Es un opaco muy común en muchas rocas magmáticas y metamórficas, junto con la magnetita.

NC: anisotropía fuerte en tonos de gris, uno de los colores tiene un tono azulado bien definido (observar con NC + 2°). Muy raros reflejos.

Imagen: NC, 3 granos de ilmenita mostrando su anisotropía típica.

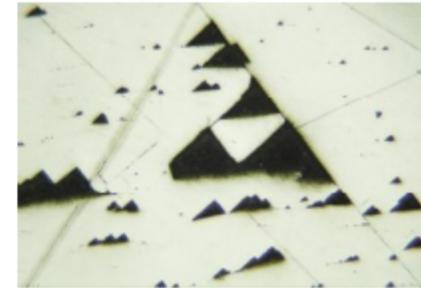


GALENA – PbS

ND: color blanco, sin pleocroísmo. 42% de reflectividad, sin birreflectancia. Muchos surcos de pulido (Mohs = 2.5). Bajo relieve. Si se trata de cristales grandes, muestra figuras triangulares iniciales.

NC: isotrópico y sin reflejos internos. Los surcos de pulido y las figuras iniciales pueden simular la anisotropía.

Imagen: ND, galena con figuras iniciales y surcos de pulido.



ESFALERITA – ZnS

ND: gris medio claro con un ligero tono azul, sin pleocroísmo. Baja reflectividad (16%), sin birreflectancia.

NC: isotrópico. Cuando no tiene Fe, tiene reflejos internos incoloros y puede confundirse con un mineral isotrópico o poco anisotrópico.

Imagen: ND, esfalerita (gris azul), bornita (rosa), calcita (oscura).

