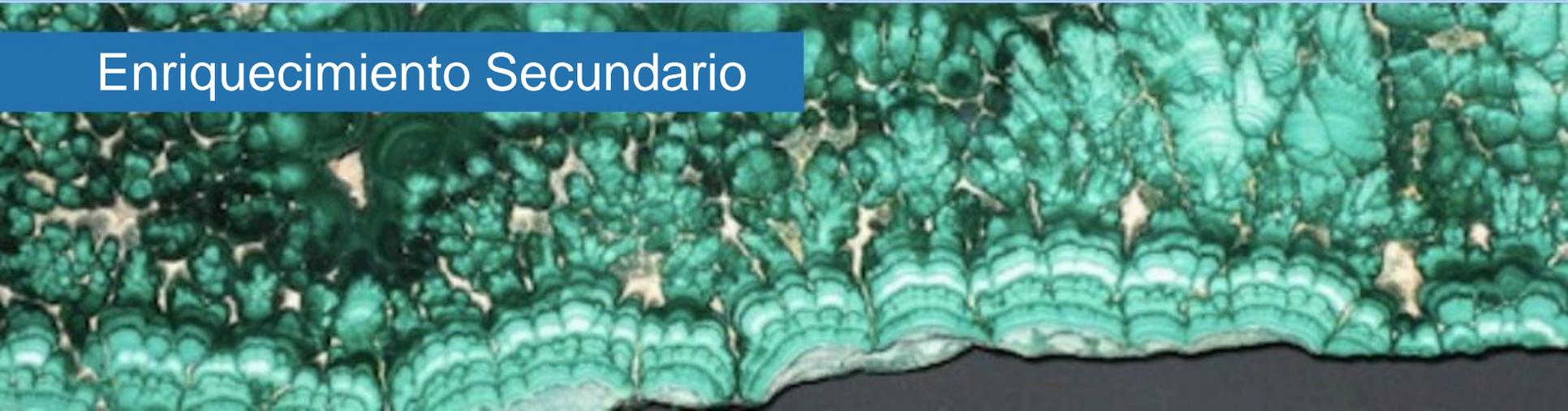


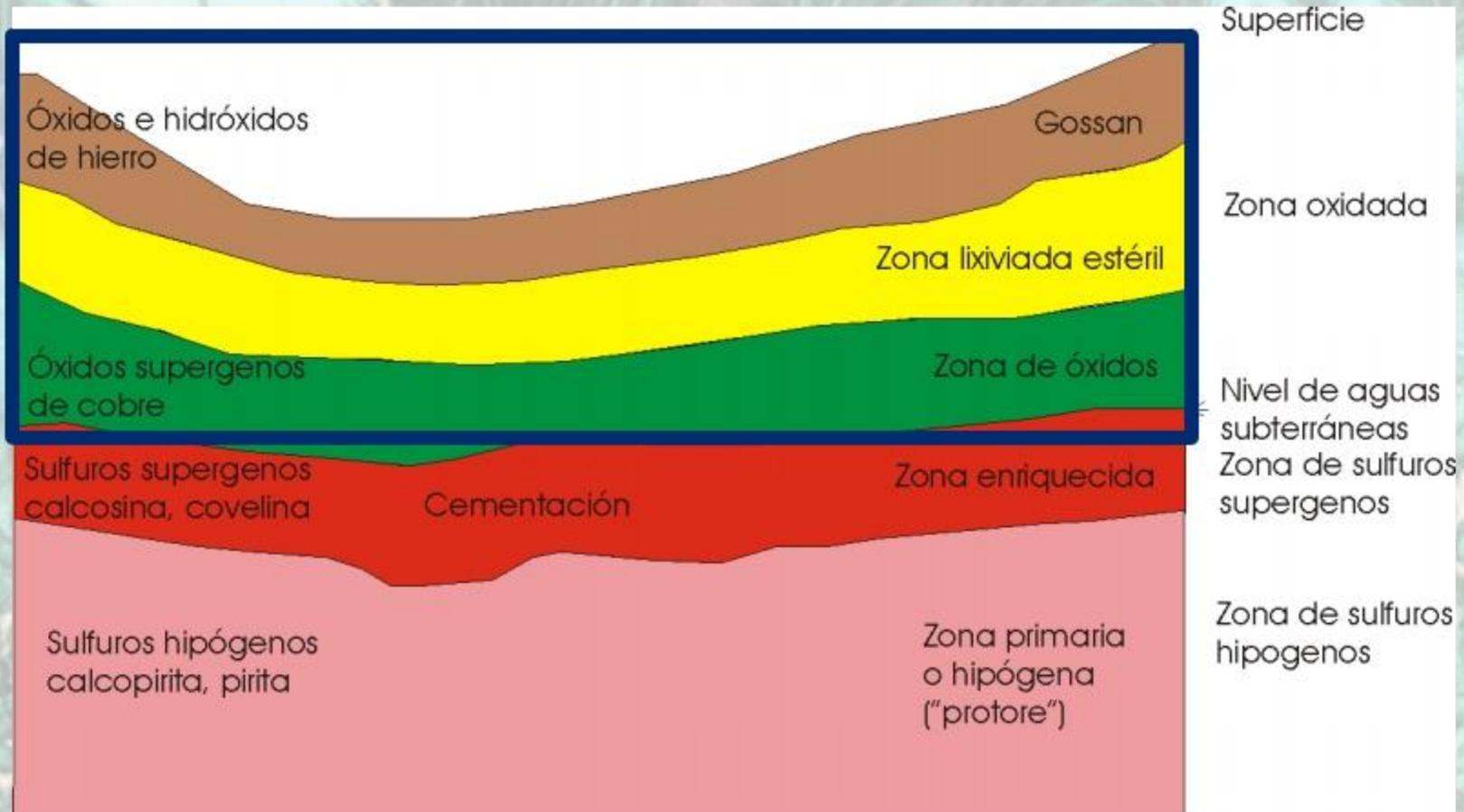


Mineralogía Supérgena

Enriquecimiento Secundario

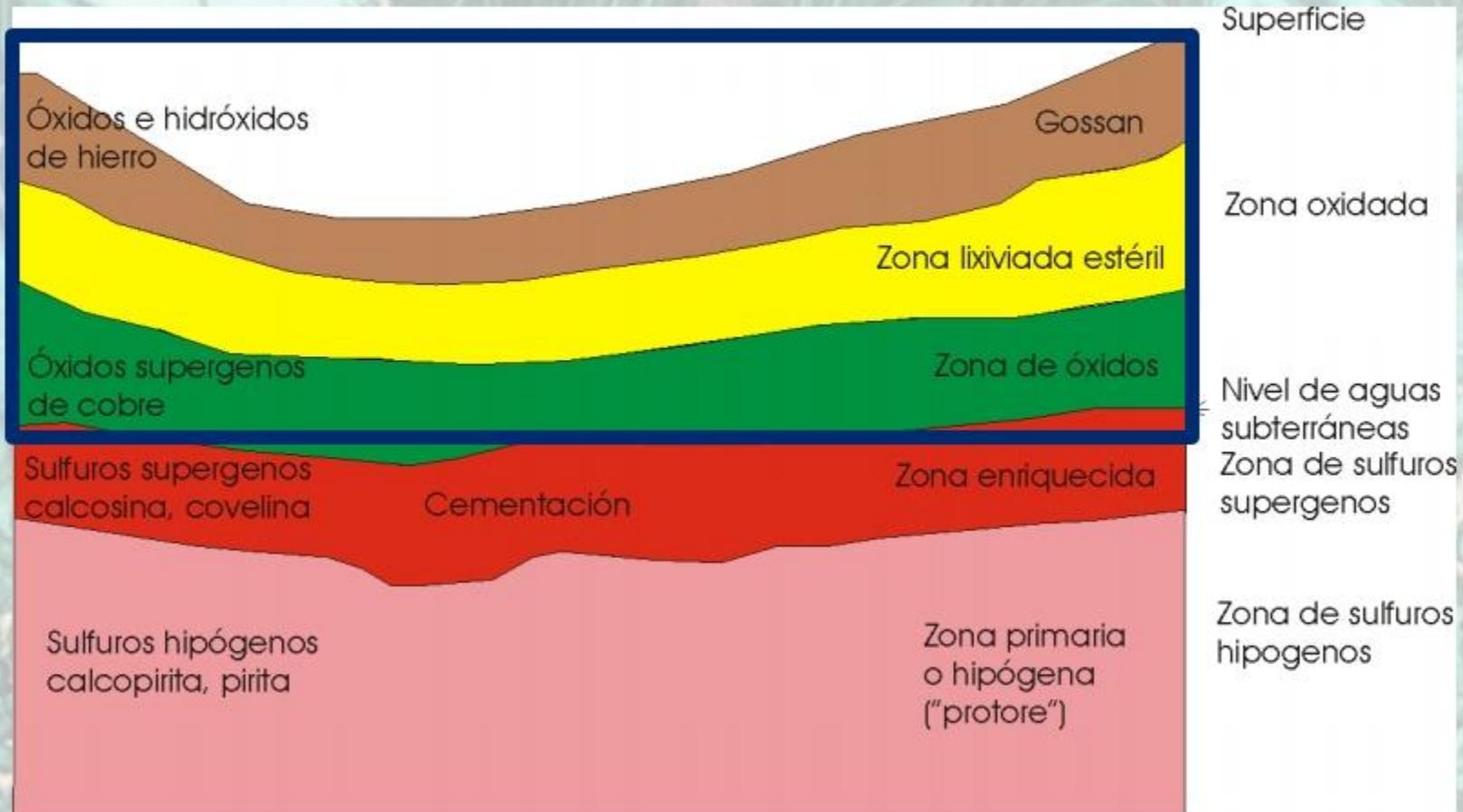


Perfil Supérgeno



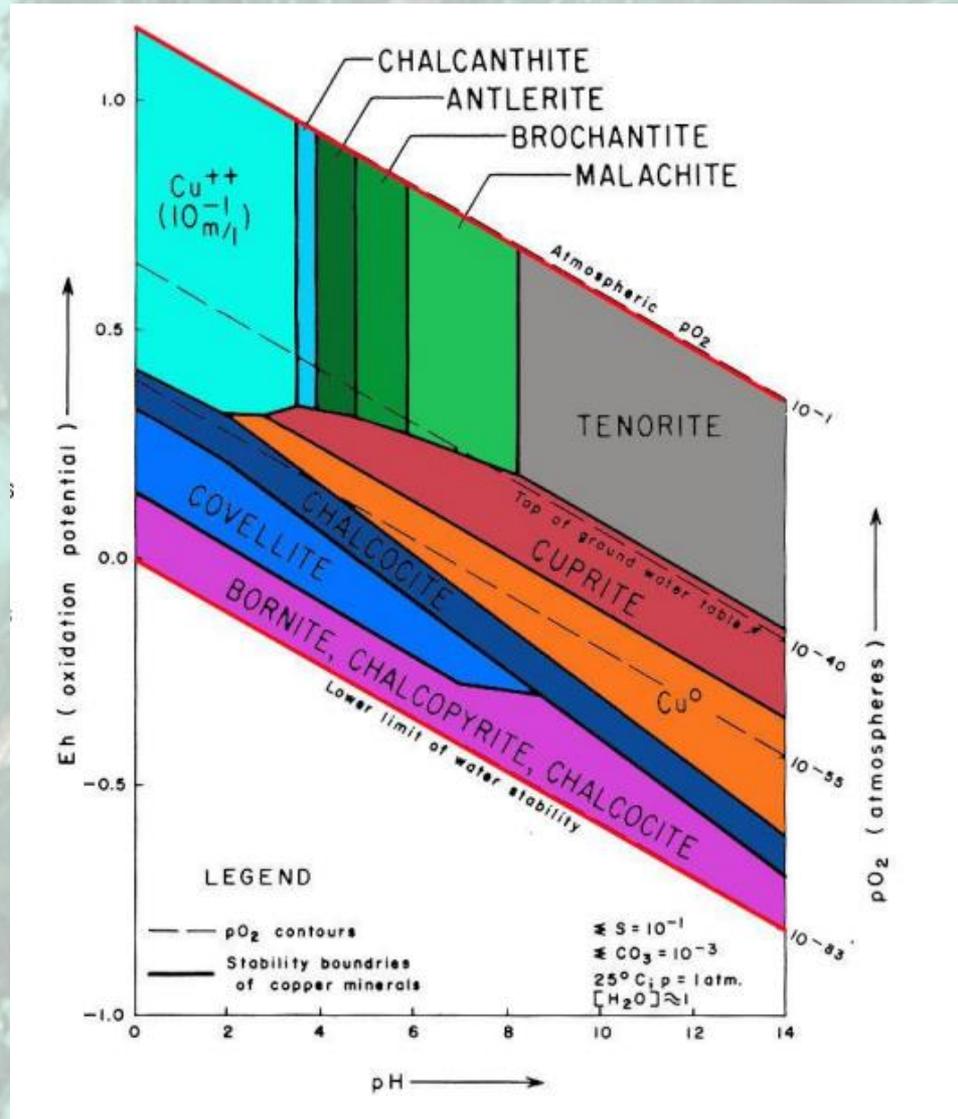
Perfil supergeno típico de un depósito con mineralización primaria de calcopirita - pirita y cuarzo (Ej. Pórfido cuprífero).

Perfil Supérgeno



Perfil supergeno típico de un depósito con mineralización primaria de calcopirita - pirita y cuarzo (Ej. Pórfido cuprífero).

Perfil Supérgeno



Gossan (sombrero de Fe)

- En este punto se genera ácido sulfúrico (H_2SO_4), los complejos sulfatados (SO_4^-) y se liberan los cationes metálicos (Fe, Cu, Ag, etc).
- La oxidación de sulfuros de Fe, libera Fe_2^+ y Fe_3^+ , generando nuevos minerales.
- Algunos minerales característicos: Hematita, Goethita, Jarosita.



Zona de Oxidación: Mineralogía



| Mineral | Formula | Cu |
|-------------|---|-------|
| Atacamita | $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ | 59,51 |
| Azurita | $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH}_2)$ | 55,31 |
| Malaquita | $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ | 57,48 |
| Antlerita | $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$ | 53,74 |
| Chalcantita | $\text{CuSO}_4 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$ | 25,45 |
| Brocantita | $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ | 56,2 |
| Crisocola | $(\text{Cu},\text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$ | 33,86 |
| Tenorita | CuO | 79,89 |
| Cuprita | Cu_2O | 88,2 |

Minerales en Corte Transparente

• Oxidados de Cu

- Atacamita
- Crisocola
- Antlerita
- Brocantita
- Malaquita
- Azurita

Óxidos de Fe

- Hematita
- Jarosita
- Goethita



Crisocola $(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Color: Generalmente incoloro a verde azulado pálido. A veces en tonos amarillo pálido.

Pleocroismo: Verde azulado pálido a incoloro.

C.I: Alta birrefringencia (0.023-0.050), en ocasiones mas baja o isótropo.

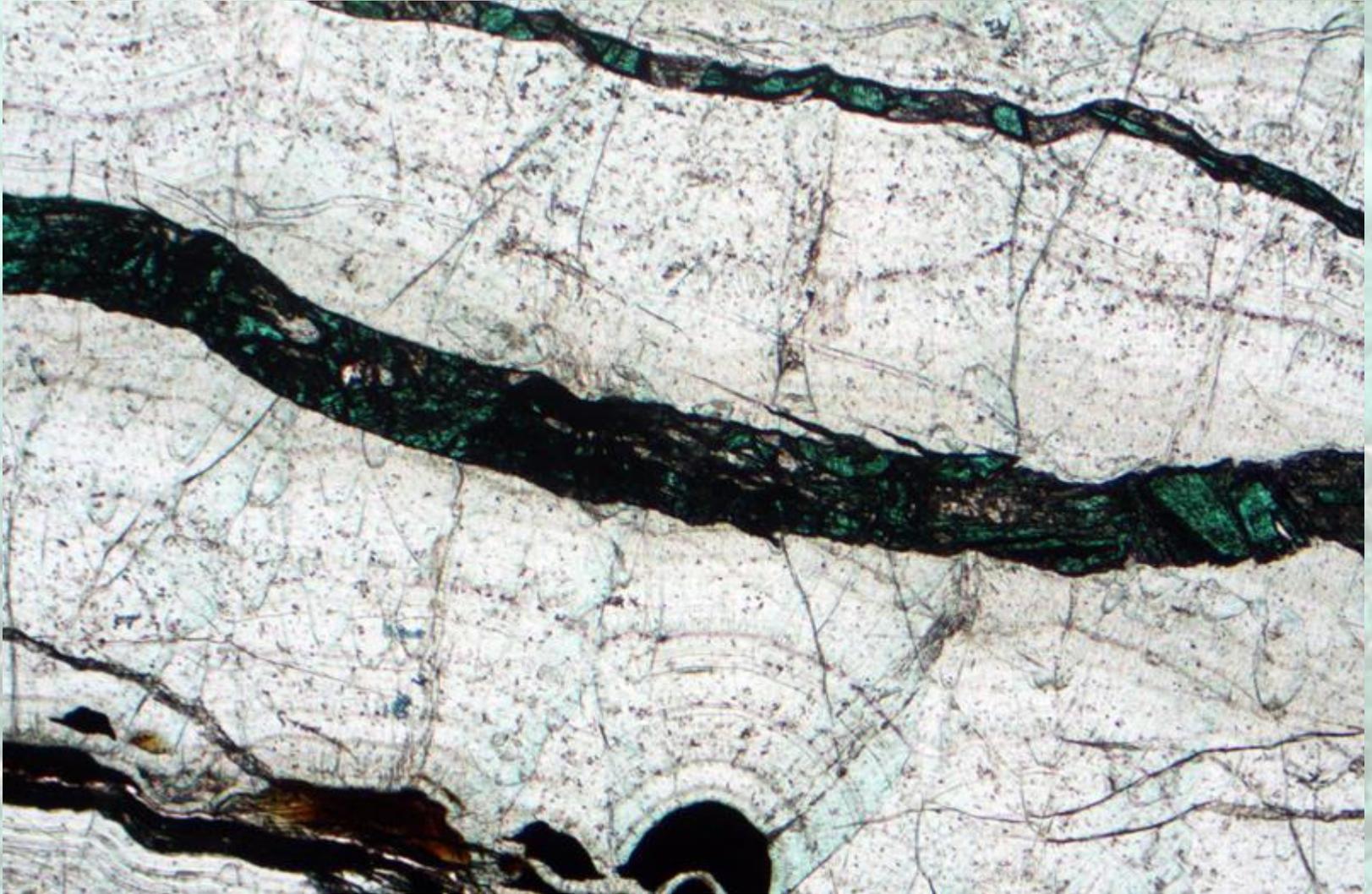
Extinción : Oblicua (en abanico), difícil de ver.

Relieve: Bajo .

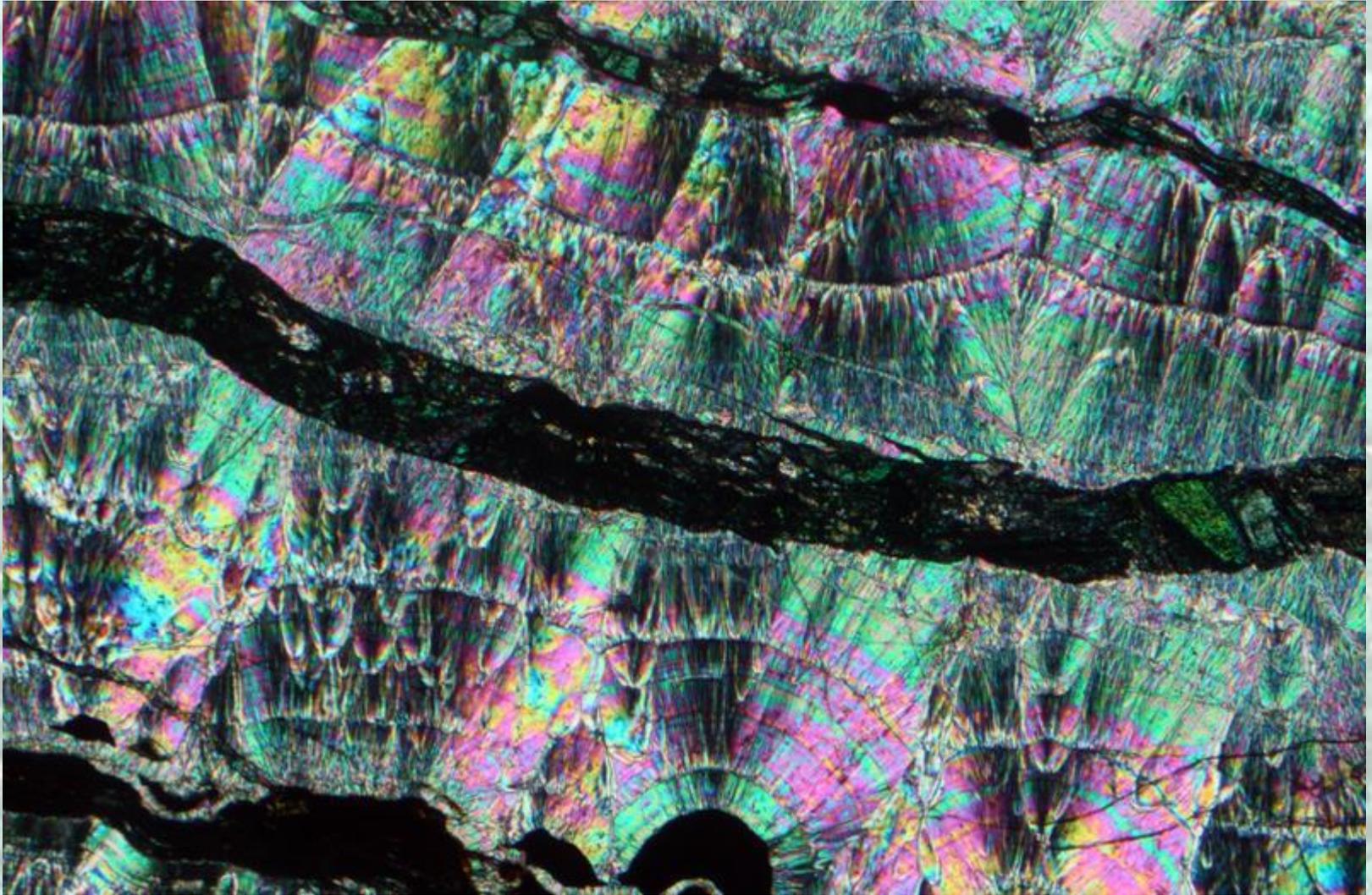
Hábito: Botroidal relleno de vetas y oquedades

Otros: Comúnmente asociada a atacamita

Crisocola $(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$



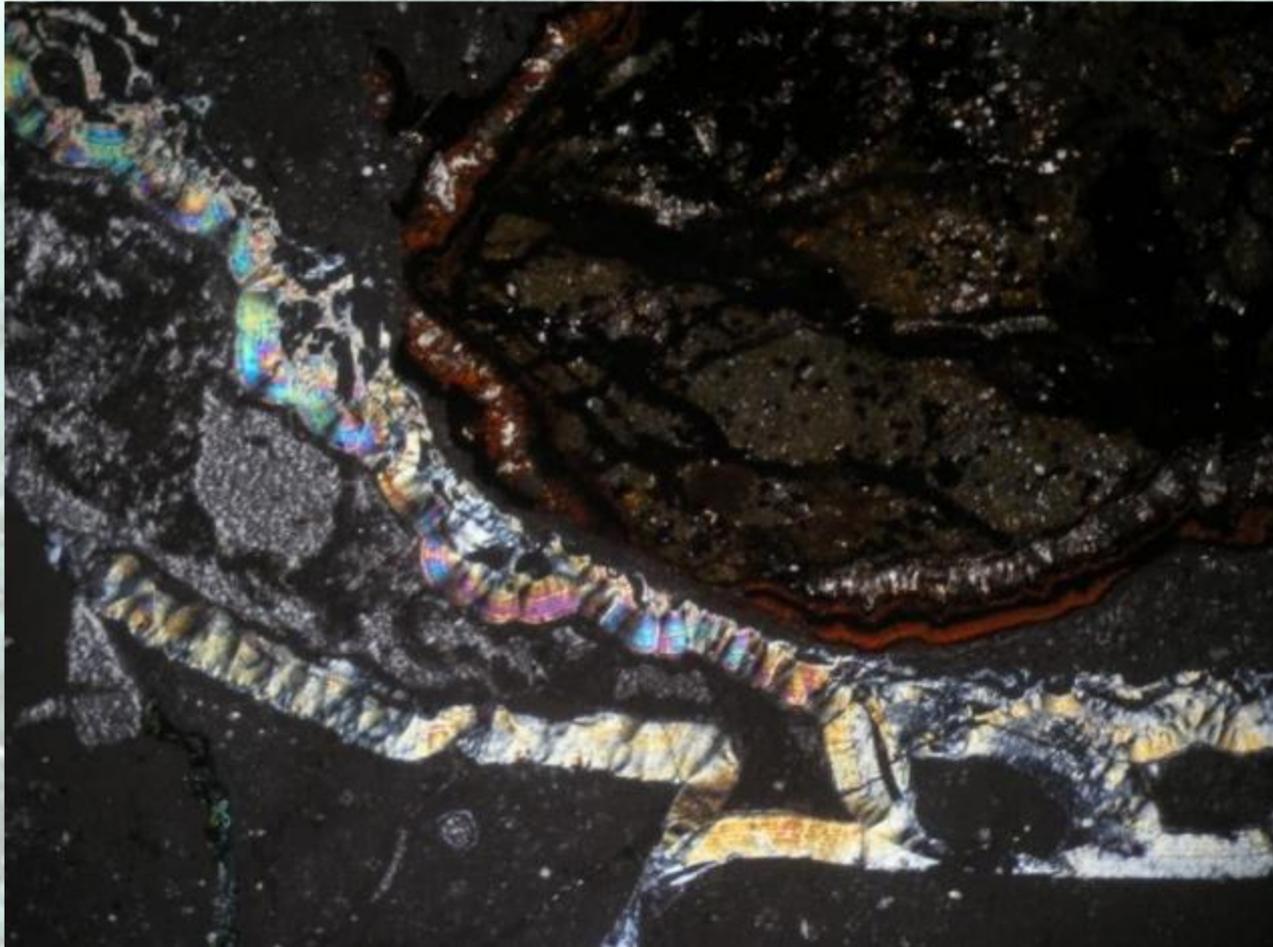
Crisocola $(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$



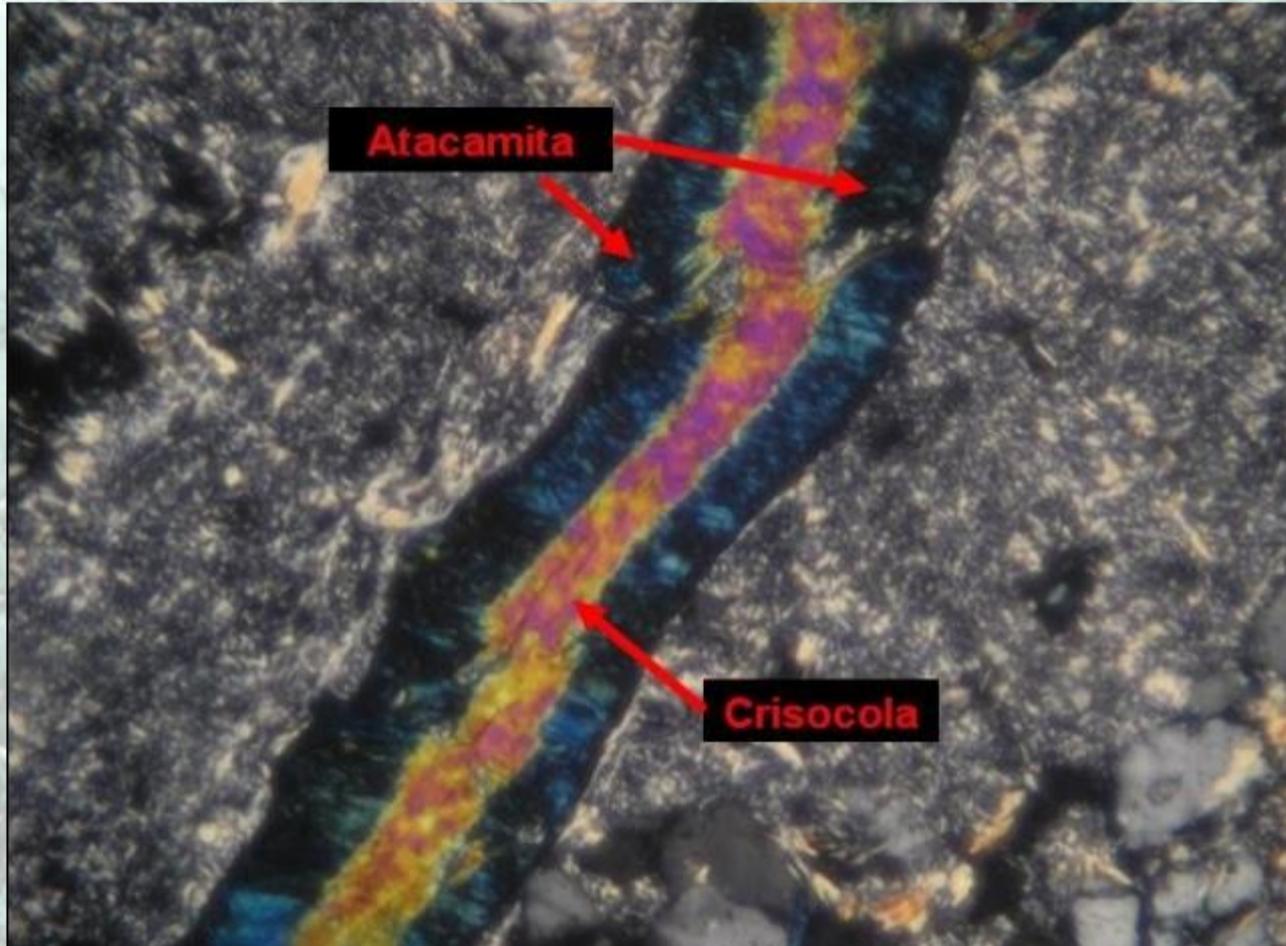
Crisocola $(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$



Crisocola $(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$



Crisocola $(\text{Cu,Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$





Atacamita $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$

Color: Verde (claro y oscuro)

C.I: Generalmente azul, aunque puede tomar otros tonos verdes o algunos colores vivos si se presenta mezclada con crisocola. Suele estar enmascarado. Birrefringencia menor que Malaquita.

Extinción : Recta.

Exfoliación: Perfecta

Relieve: Muy alto.

Pleocroísmo: Variable, en tonos verde-amarillo.

No siempre se ve.

Hábito: Granos de hábito prismático a radial. Suele presentar textura radial en bordes de granos opacos, (oxidación de sulfuros).

Estilo de mineralización: En vetillas y diseminado.

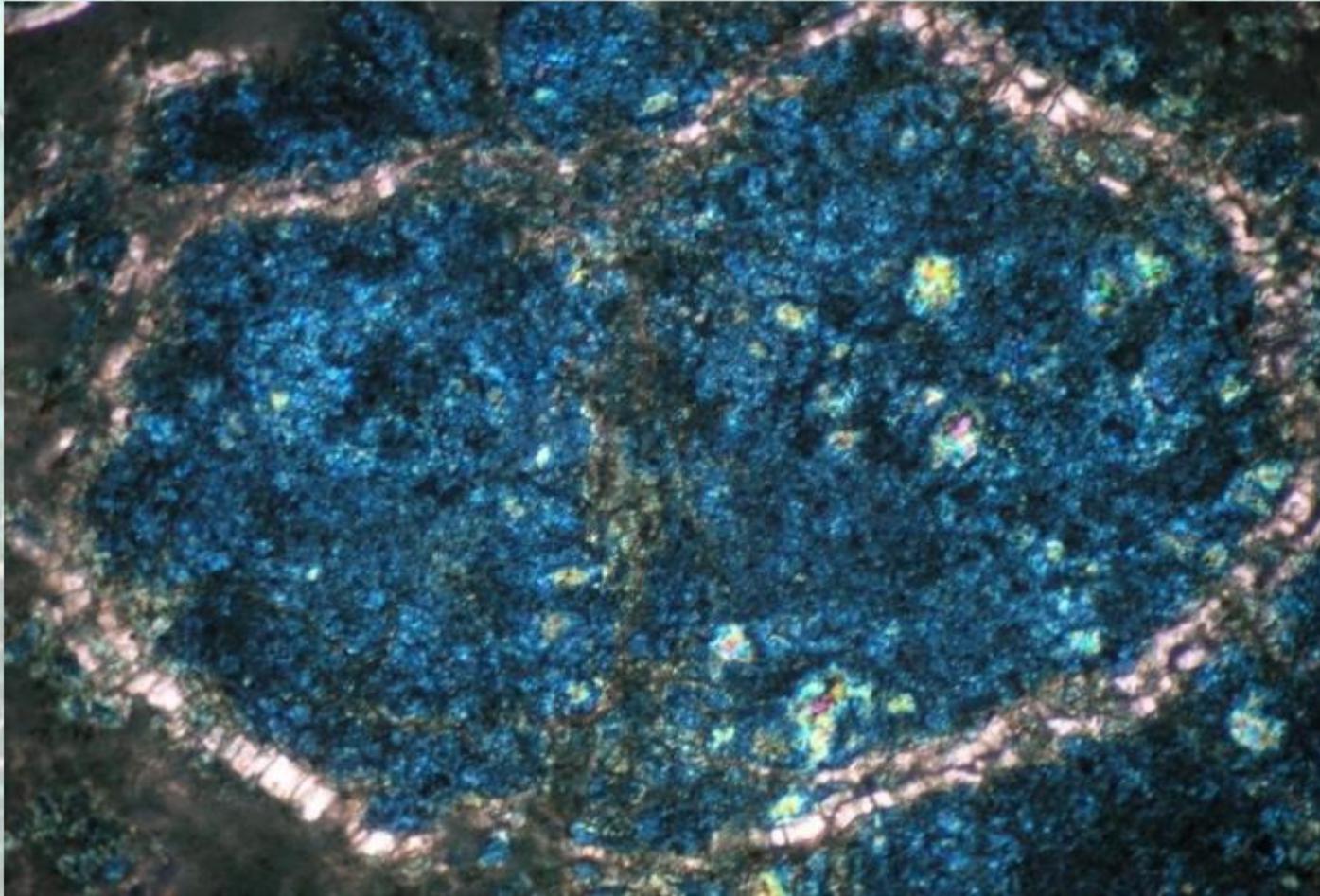
Otros: Se altera a malaquita y crisocola.



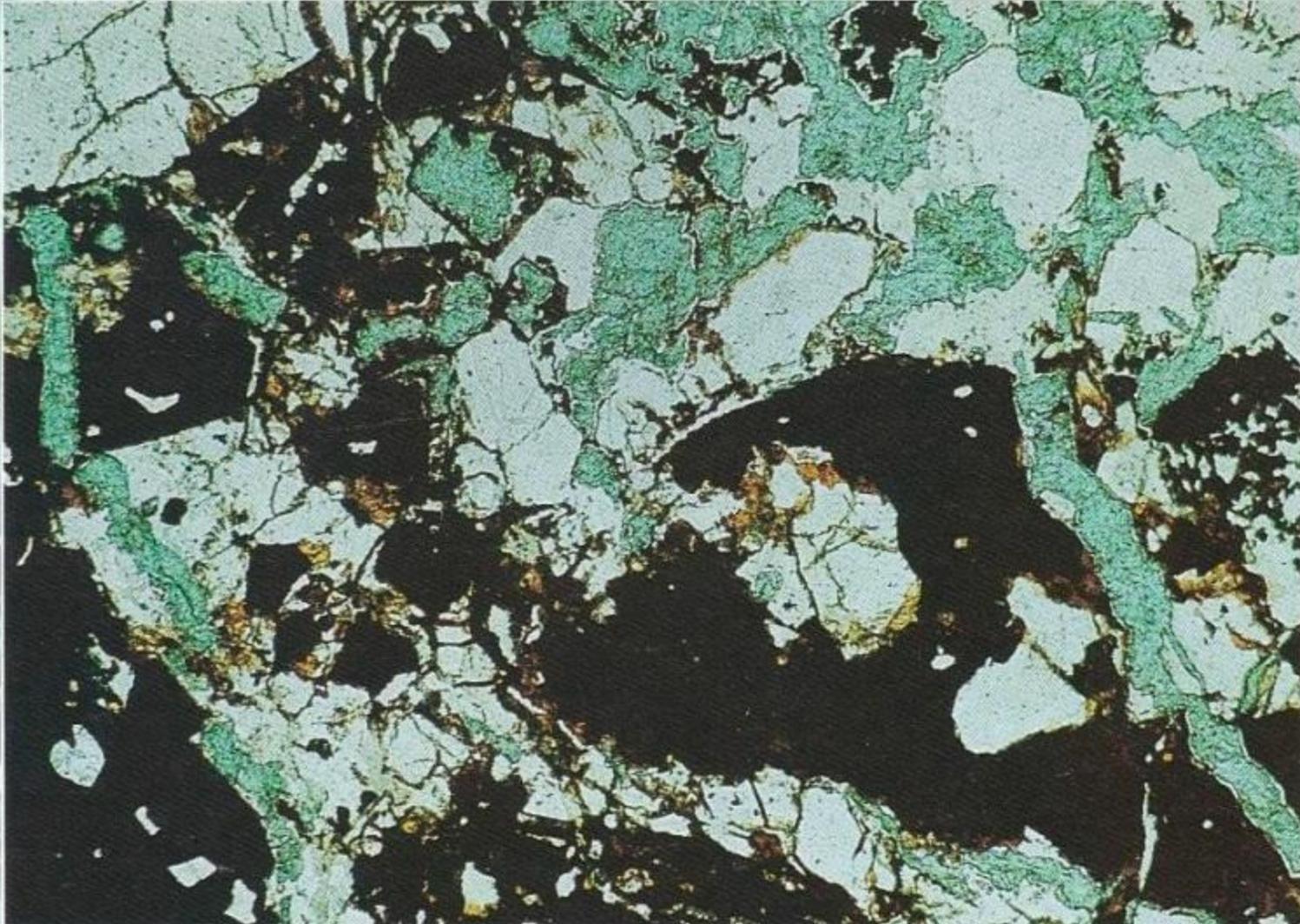
Atacamita $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$



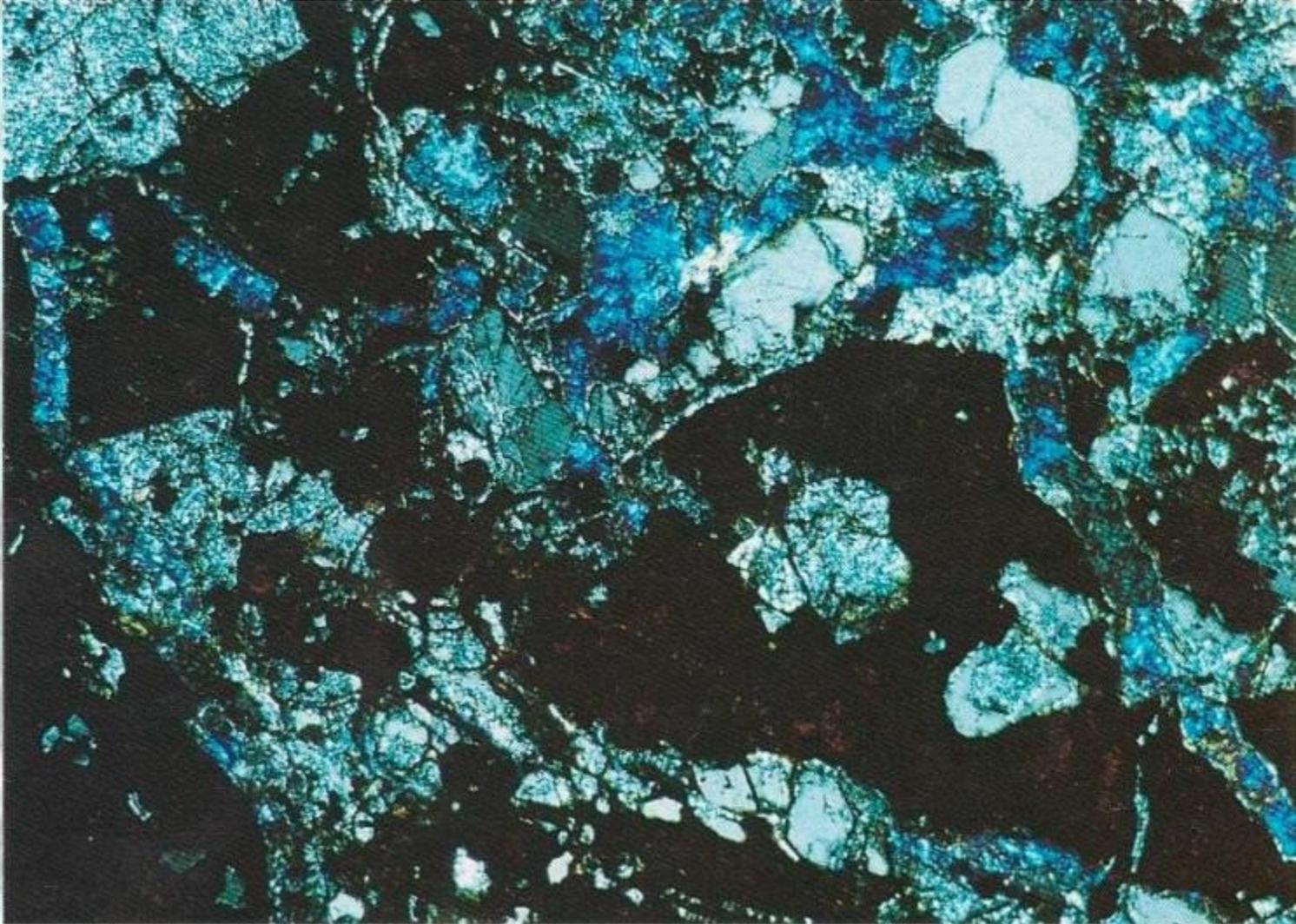
Atacamita $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$



Atacamita $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$



Atacamita $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$





Antlerita $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$

Color: Verde claro.

Pleocroísmo: Fuerte en tonos verde-amarillo

C.I: Ordenes elevados (0,63).

Relieve: Muy alto.

Extinción : Recta..

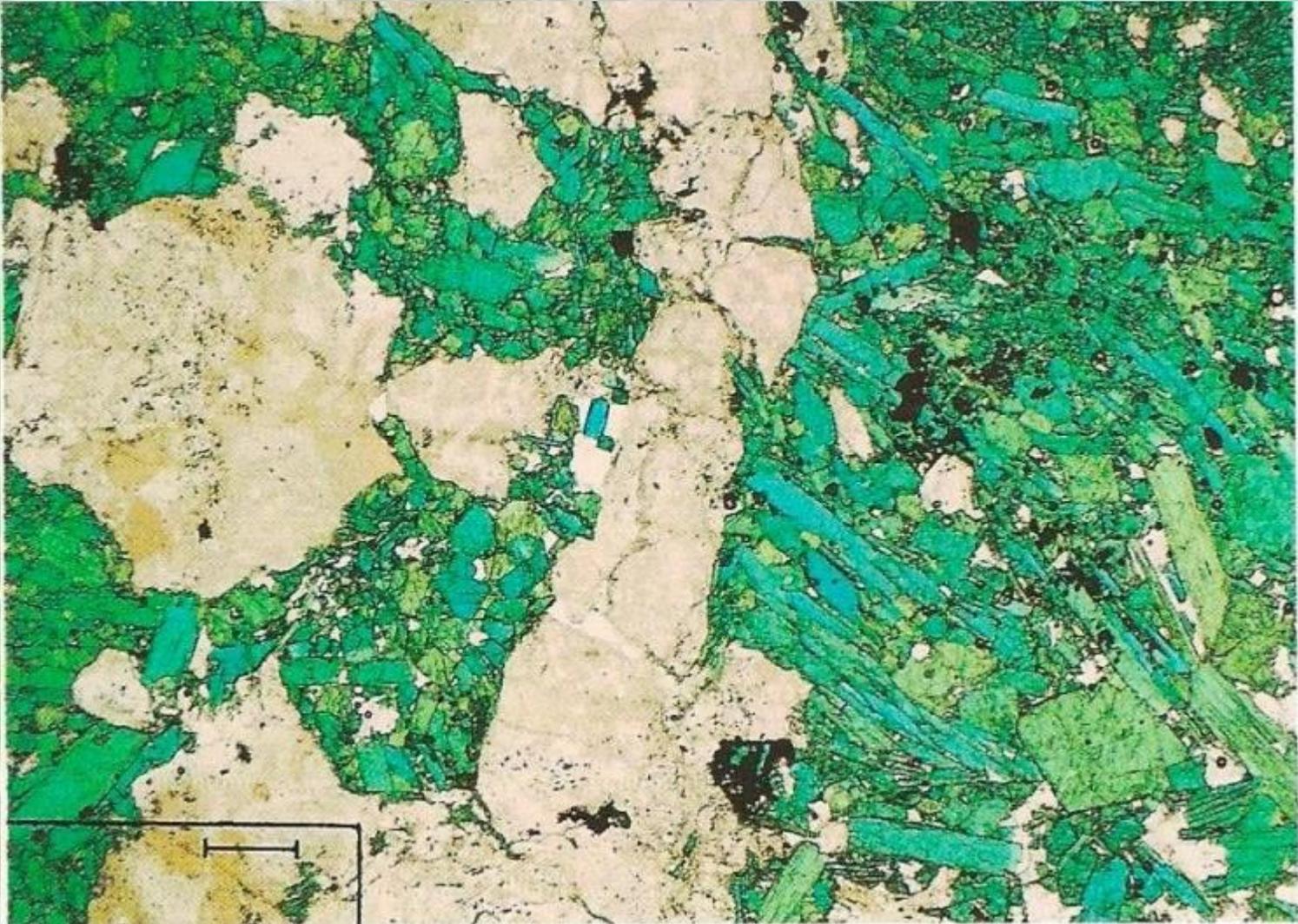
Hábito: Cristales idiomórficos a microgranular formando pseudomorfos.

Estilo de mineralización: En vetilla con orientación perpendicular a esta o formando pseudomorfos

Exfoliación: perfecto en una dirección.



Antlerita $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$



Antlerita $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$



Antlerita $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$



Antlerita $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$





Brocantita $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$

Color: Verde (algo amarillento).

C.I: Ordenes elevados (0,72).

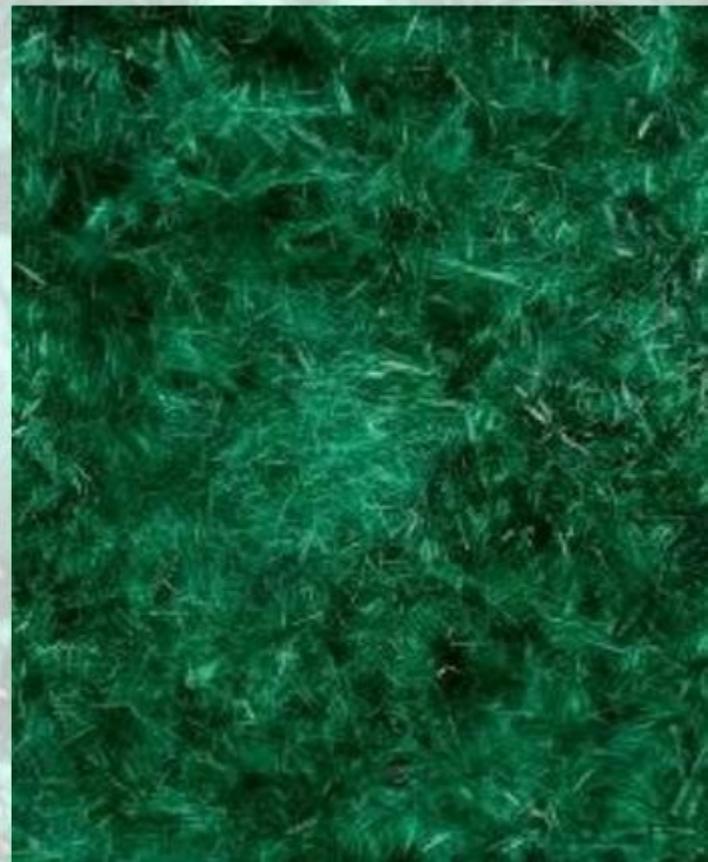
Extinción : Oblicua

Pleocroísmo: Débil, verde-azulado.

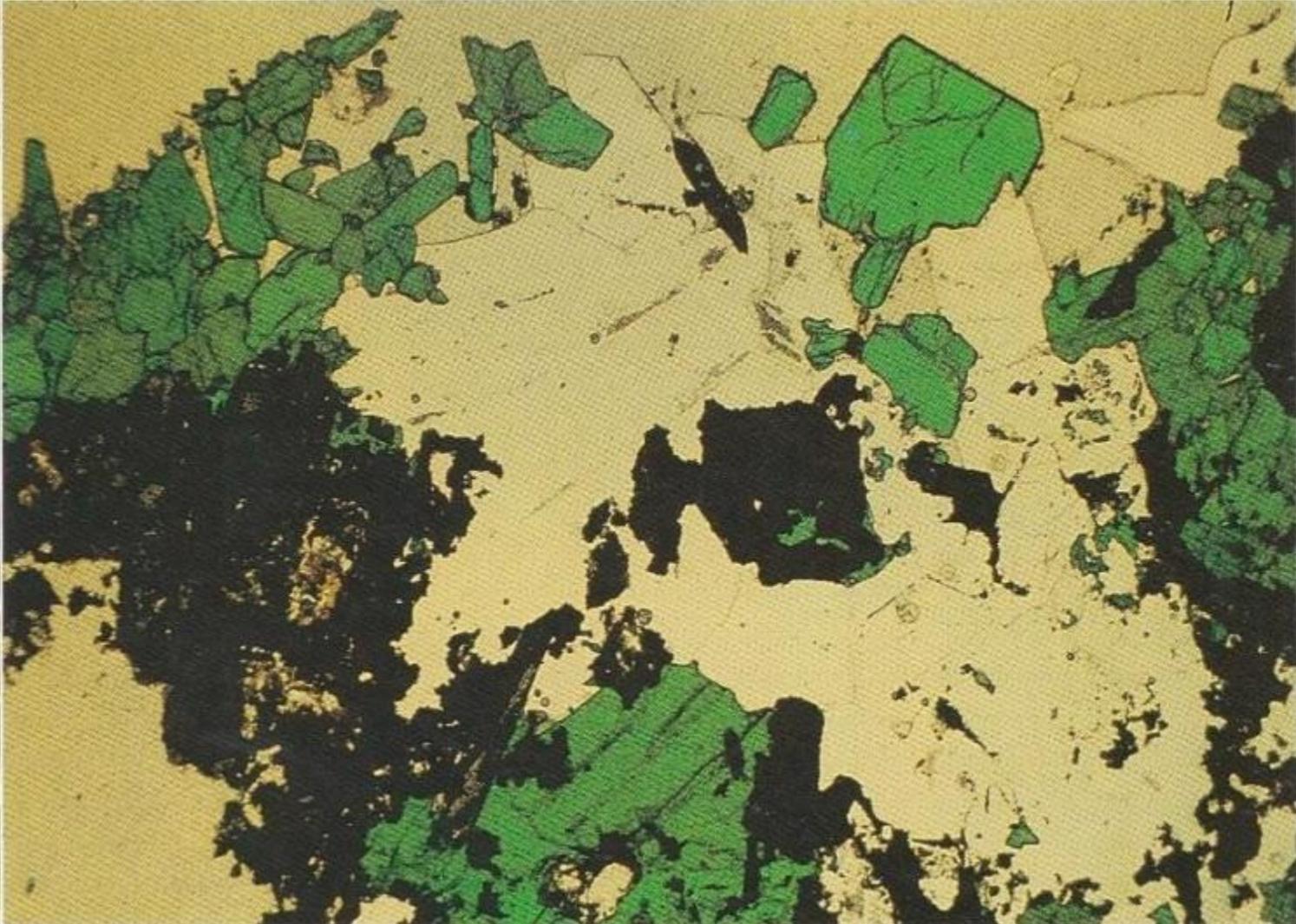
Relieve: Muy alto

Hábito: Por lo general se presenta como agregados radiales aciculares y botroidal. Pero también como cristales prismáticos.

Exfoliación: Perfecta en una dirección



Brocantita $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$



Brocantita $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$





Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$

Color: Verde brillante muy vivo.

C.I: Ordenes altos a enmascarado.

Pleocroísmo: Marcado (incoloro– verde amarillo – verde oscuro).

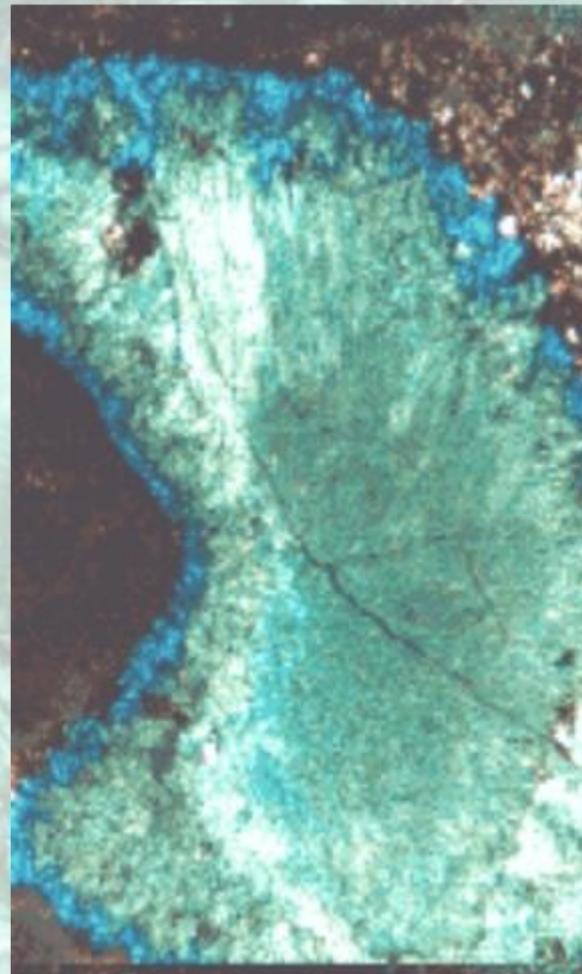
Relieve: Moderado a muy alto.

Extinción: Oblicua (23°)

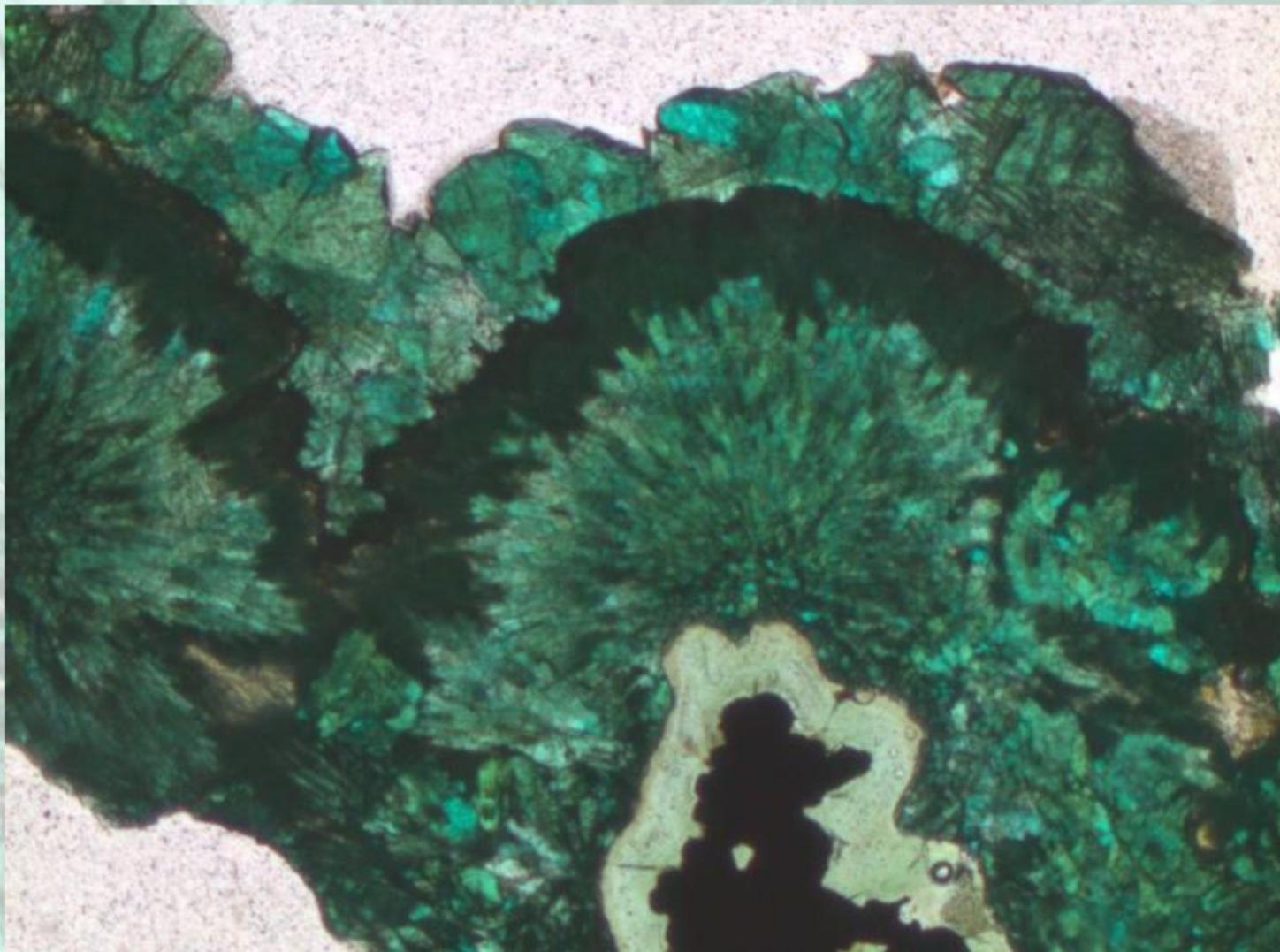
Hábito: Cristales prismáticos, pero mas común como agregados radiales, acicular radial y fibroso

Exfoliación: Perfecta

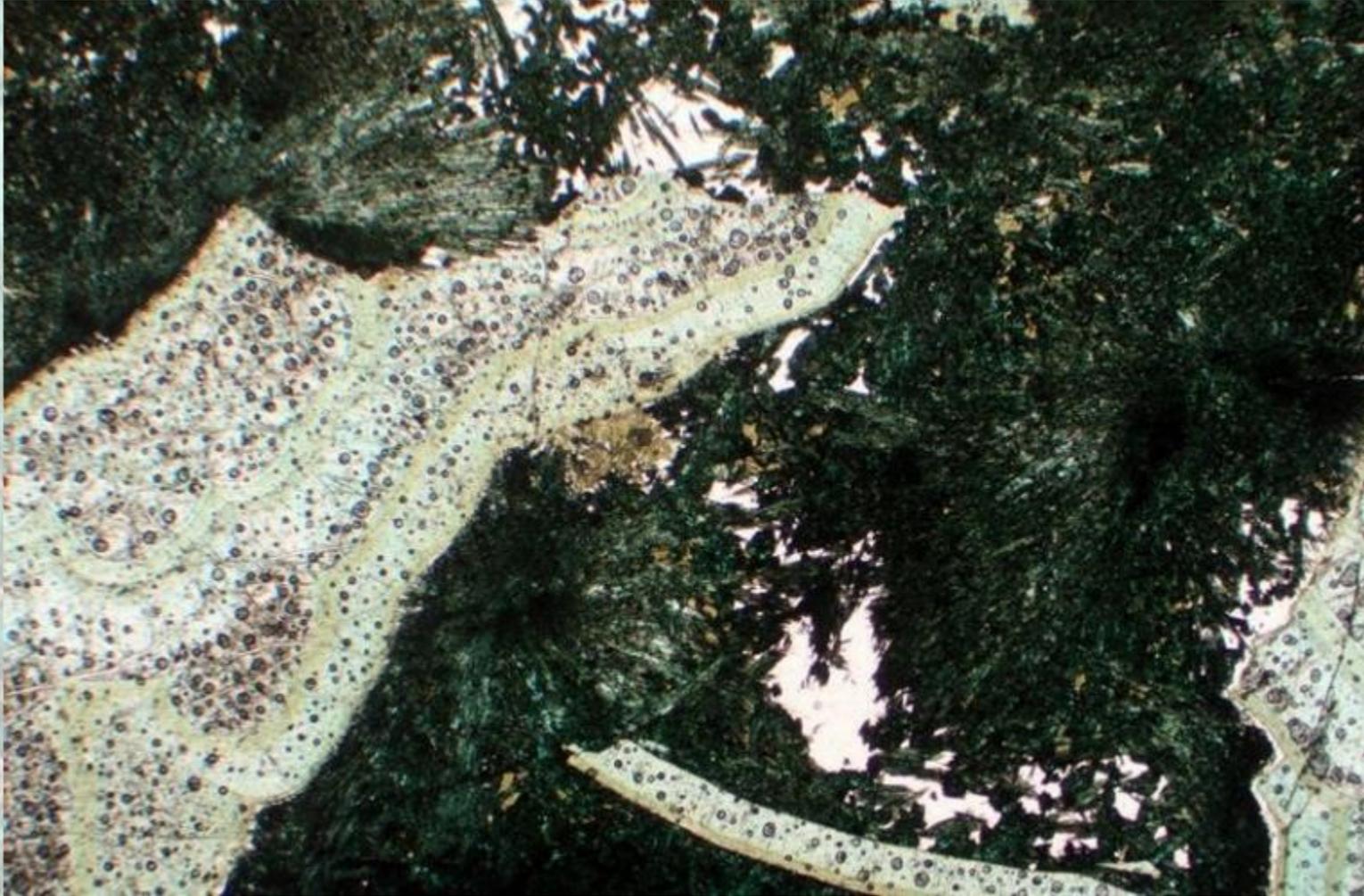
Otros: Es común encontrarla con pequeños manchones de azurita



Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$



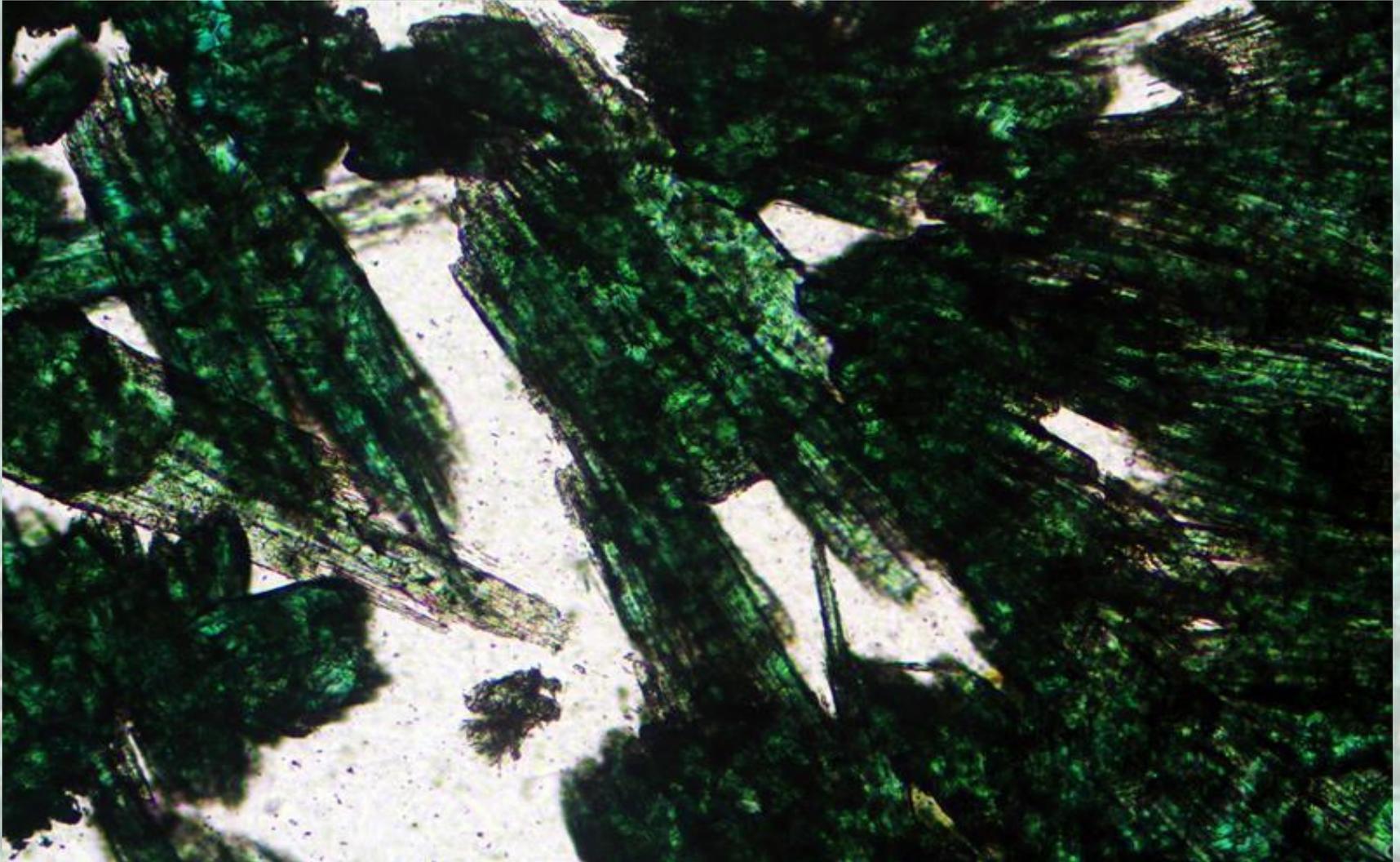
Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$



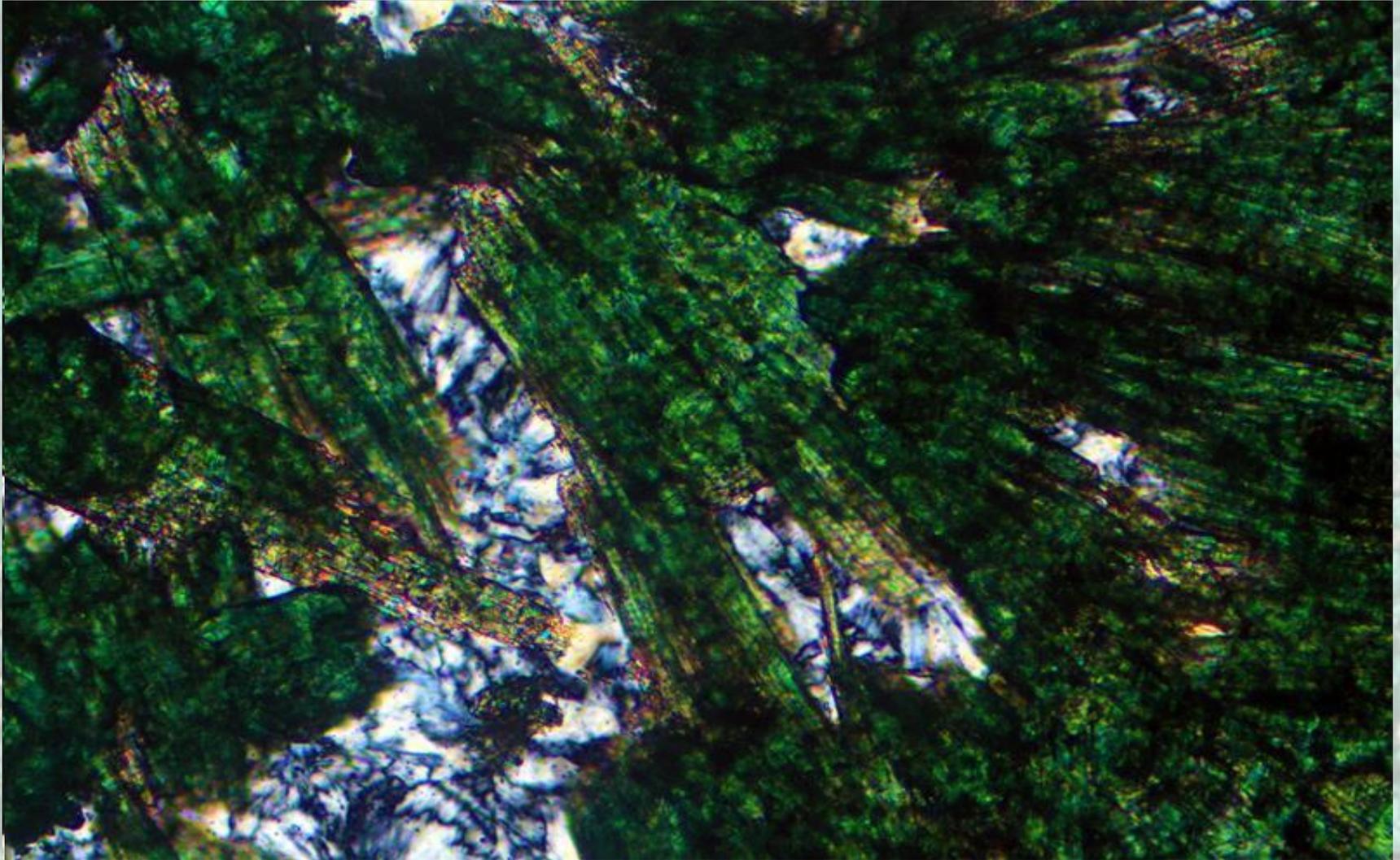
Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$



Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$



Malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$





Azurita $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Color: Azul.

C.I: Ordenes altos, principalmente enmascarado

Extinción: Levemente oblicua (13°).

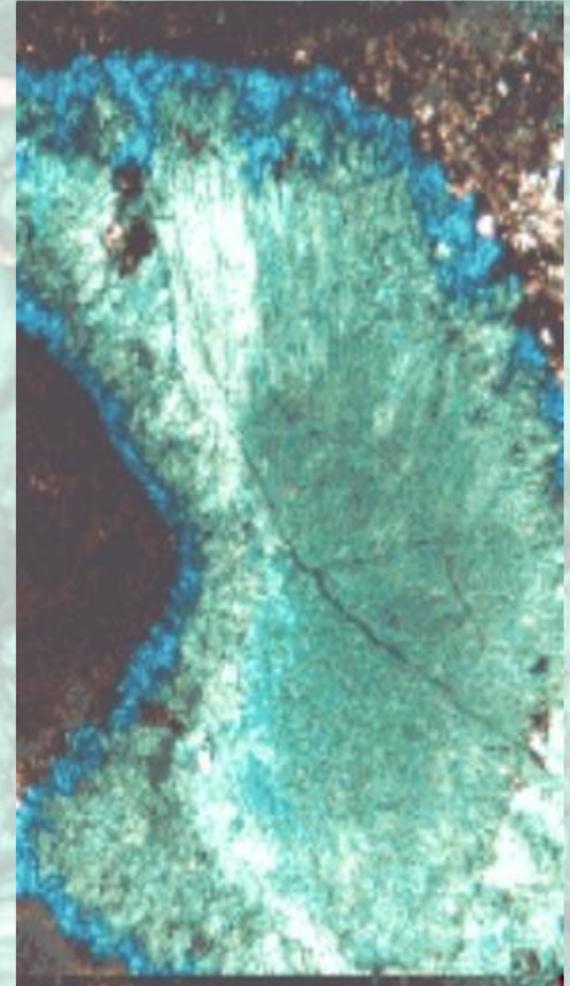
Pleocroísmo: Débil (Azul-azul claro).

Relieve: Muy alto.

Exfoliación: Buena a veces identificable

Hábito: Tabular, paralelo, acicular radial, nodular.

Otros: Es común encontrarla con pequeños manchones de malaquita.



Azurita $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$



Azurita $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$



Azurita

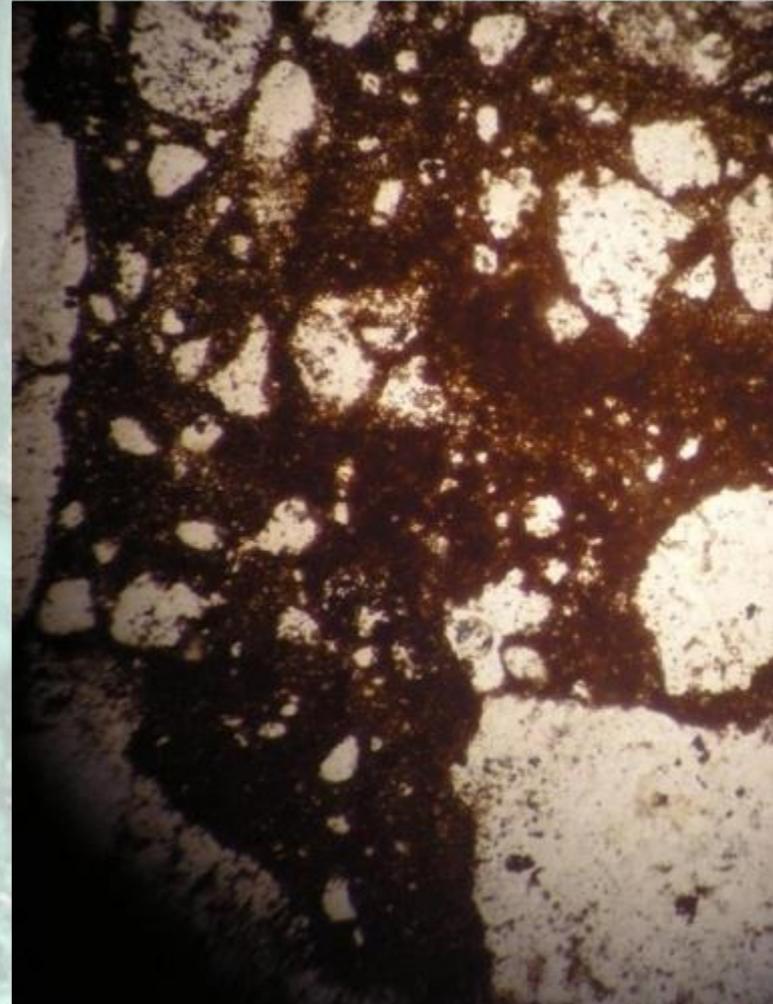




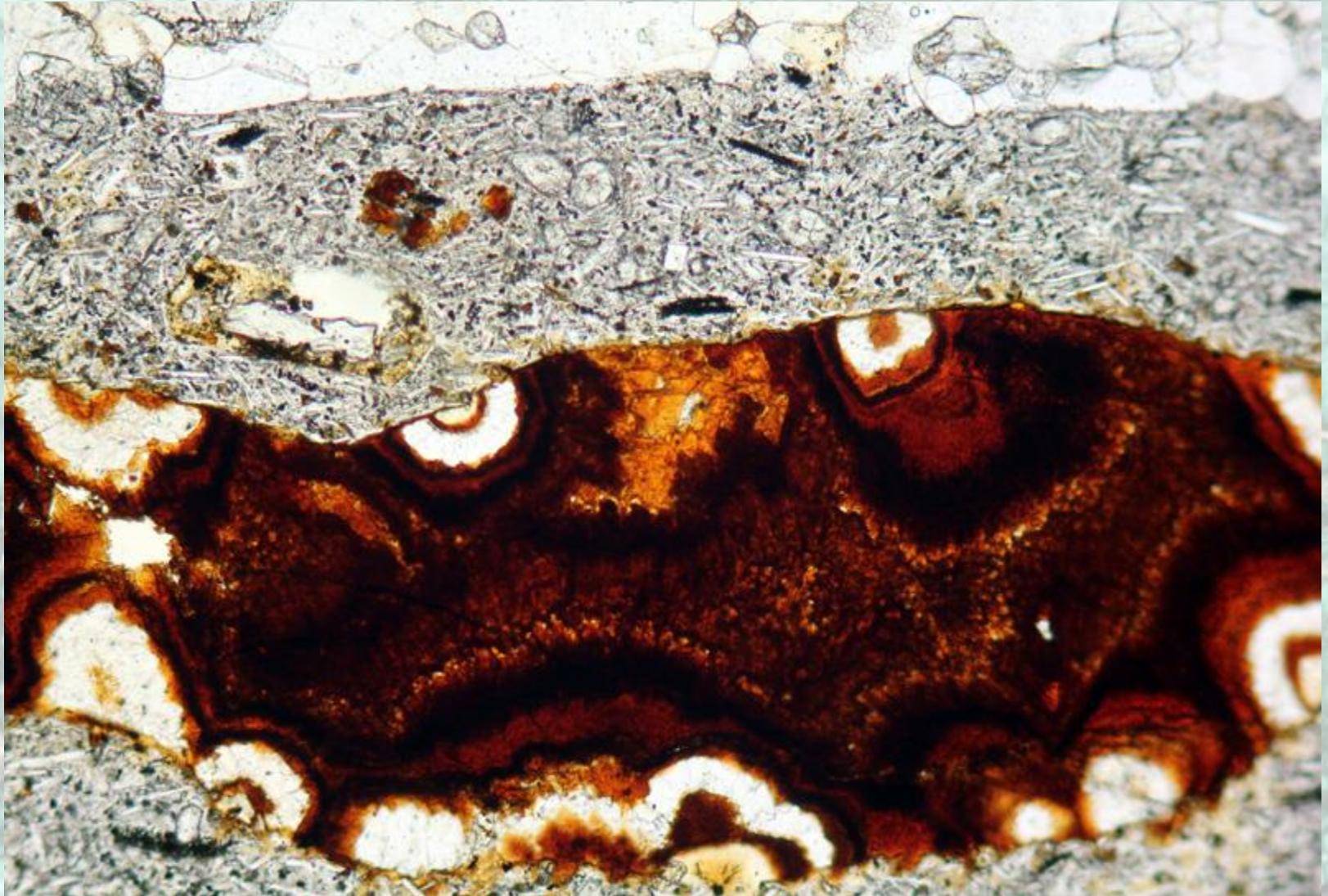
Hematita Fe_2O_3

Variedad terrosa se ve como agregado fino de minerales rojizos a café de muy bajo relieve.

Además se infiere de bordes rojizos de minerales opacos



Hematita Fe_2O_3



Hematita Fe_2O_3





[Jarosita-microscopio](#)



[Jarosita-más-información](#)

Jarosita



Color: Incoloro a amarillo

Pleocroísmo: Débil, entonos amarillos

C.I: Variable según composición, en generalmente de tercer orden.

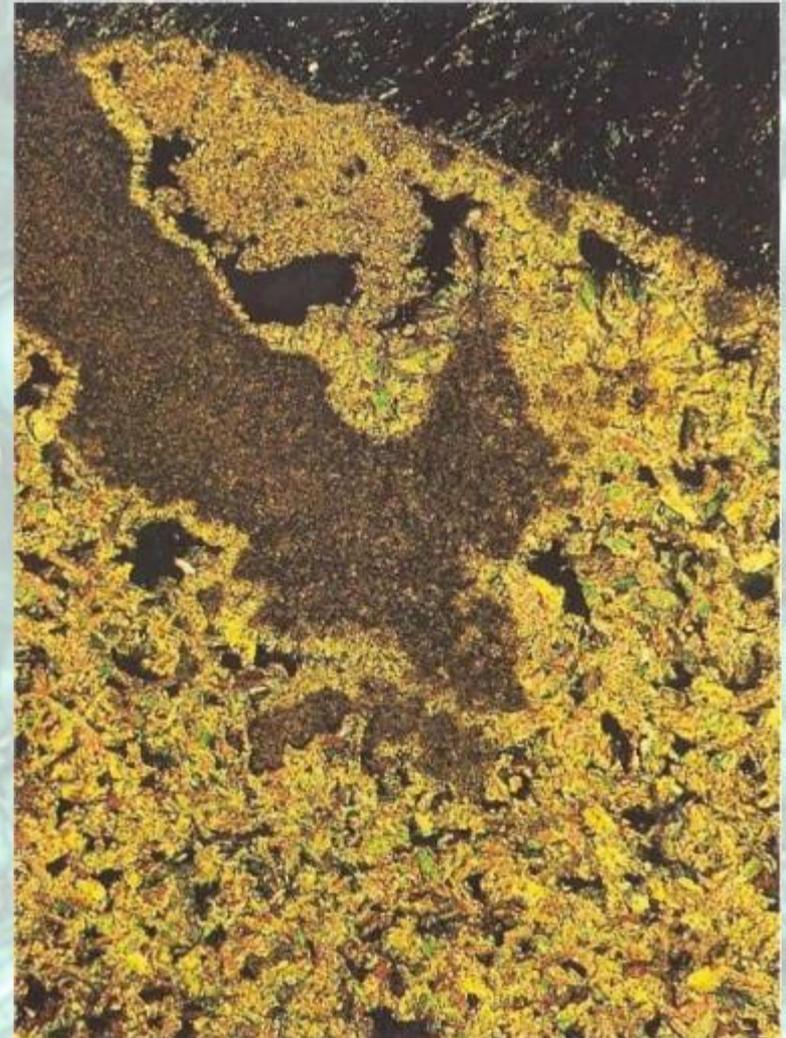
Extinción: Recta.

Relieve: Relieve muy alto.

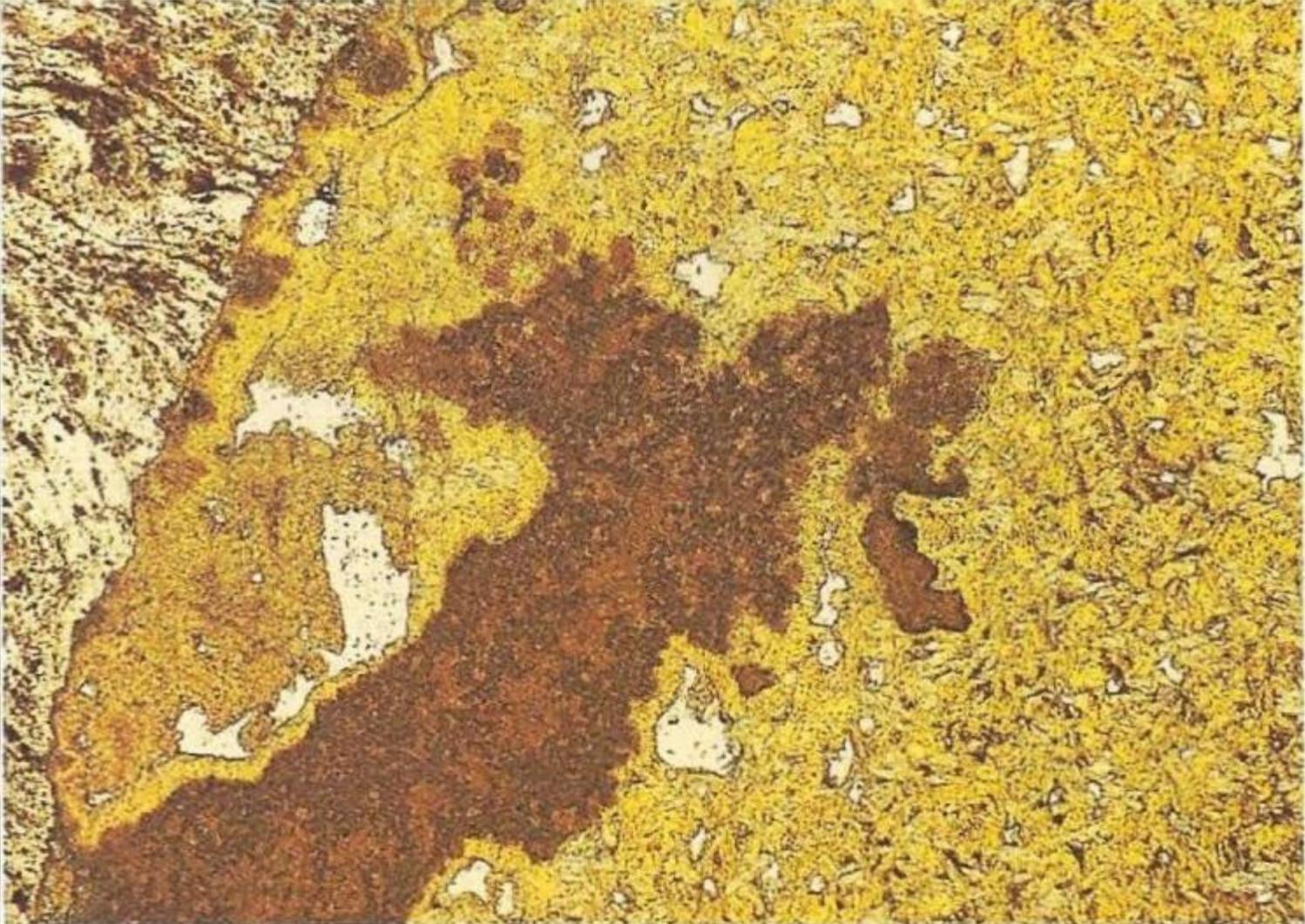
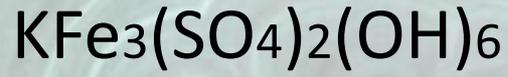
Hábito: Granos rombohedricos pero generalmente como agregado de granos criptocristalinos. Suele formar pseudomorfos (pirita)

Estilo de mineralización: Diseminado a masivo

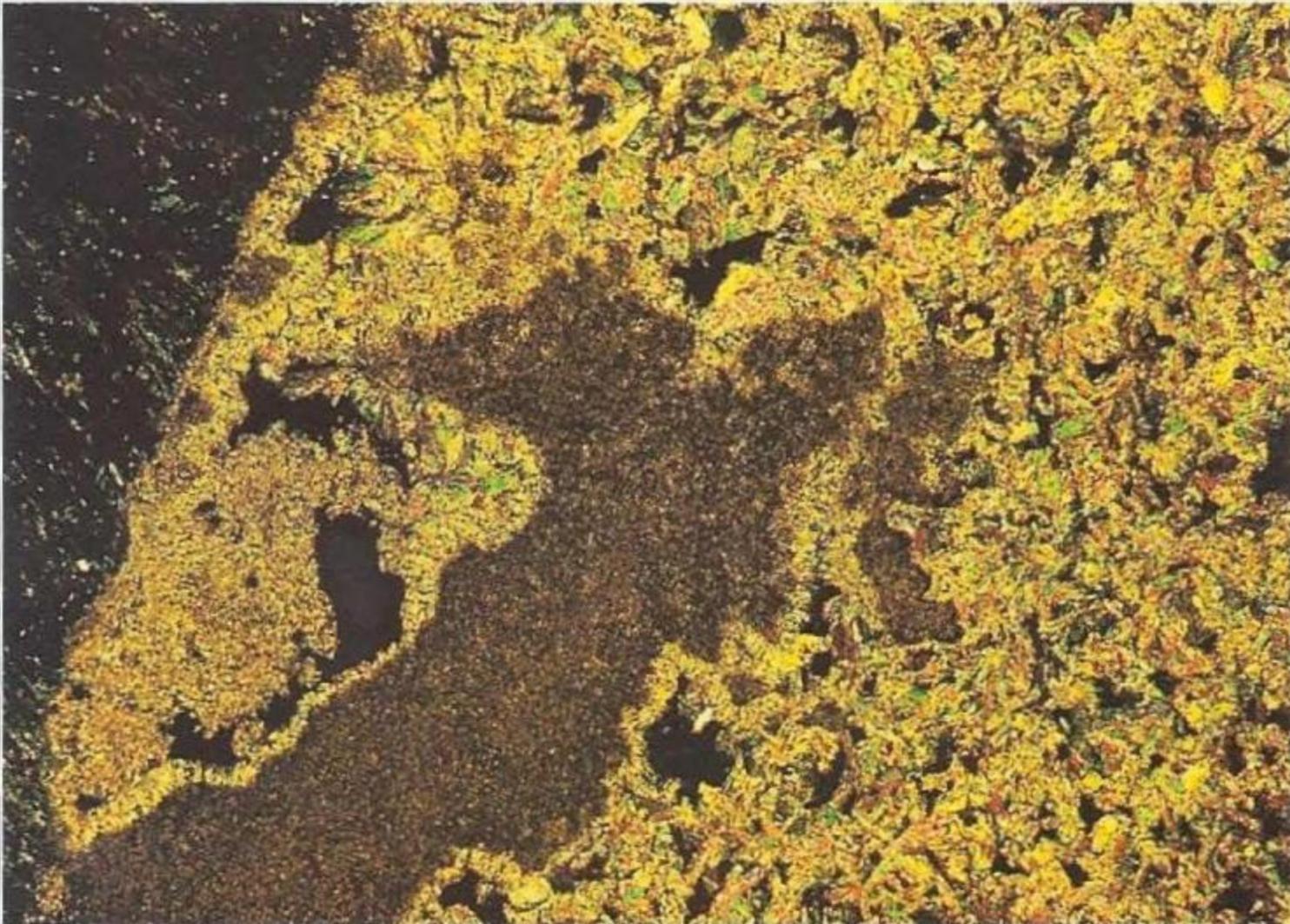
Otros: En asociación con alunita, caolinita y cuarzo. Indica Ph =<2



Jarrosita



Jarrosita





Goethita $\text{FeO}(\text{OH})$

Color: Marrón, rojo.

Pleocroismo: Amarillo claro a marrón. Incluso verde en ciertas direcciones.

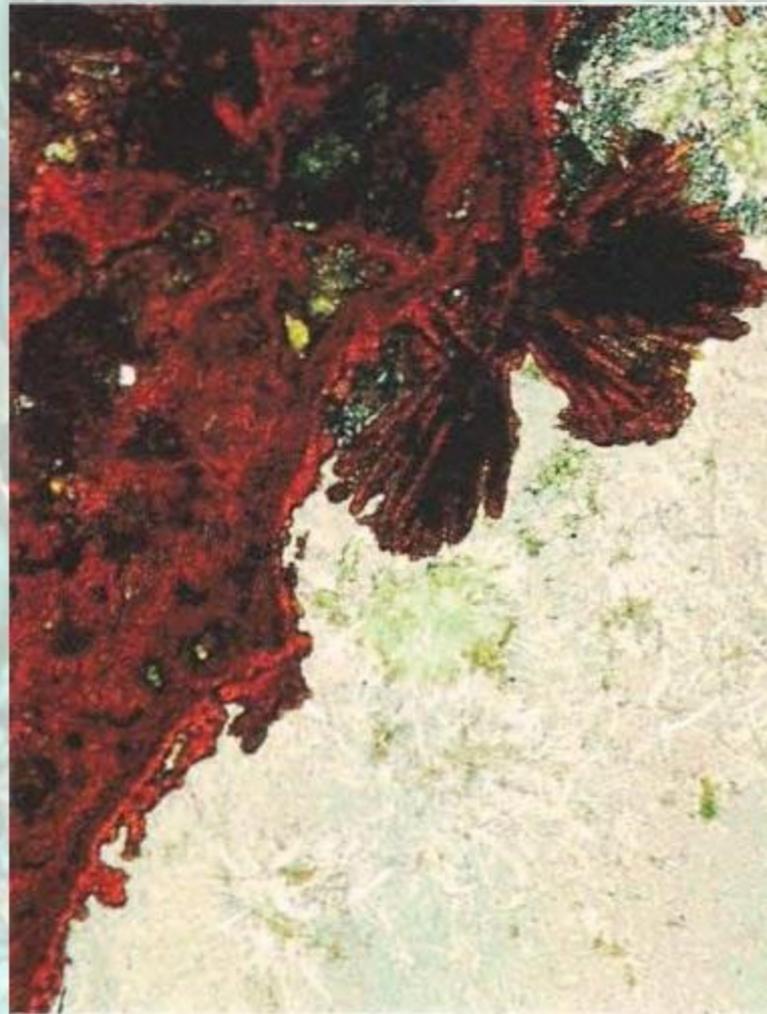
C.I: Ordenes muy elevados a Enmascarados.

Extinción: Recta.

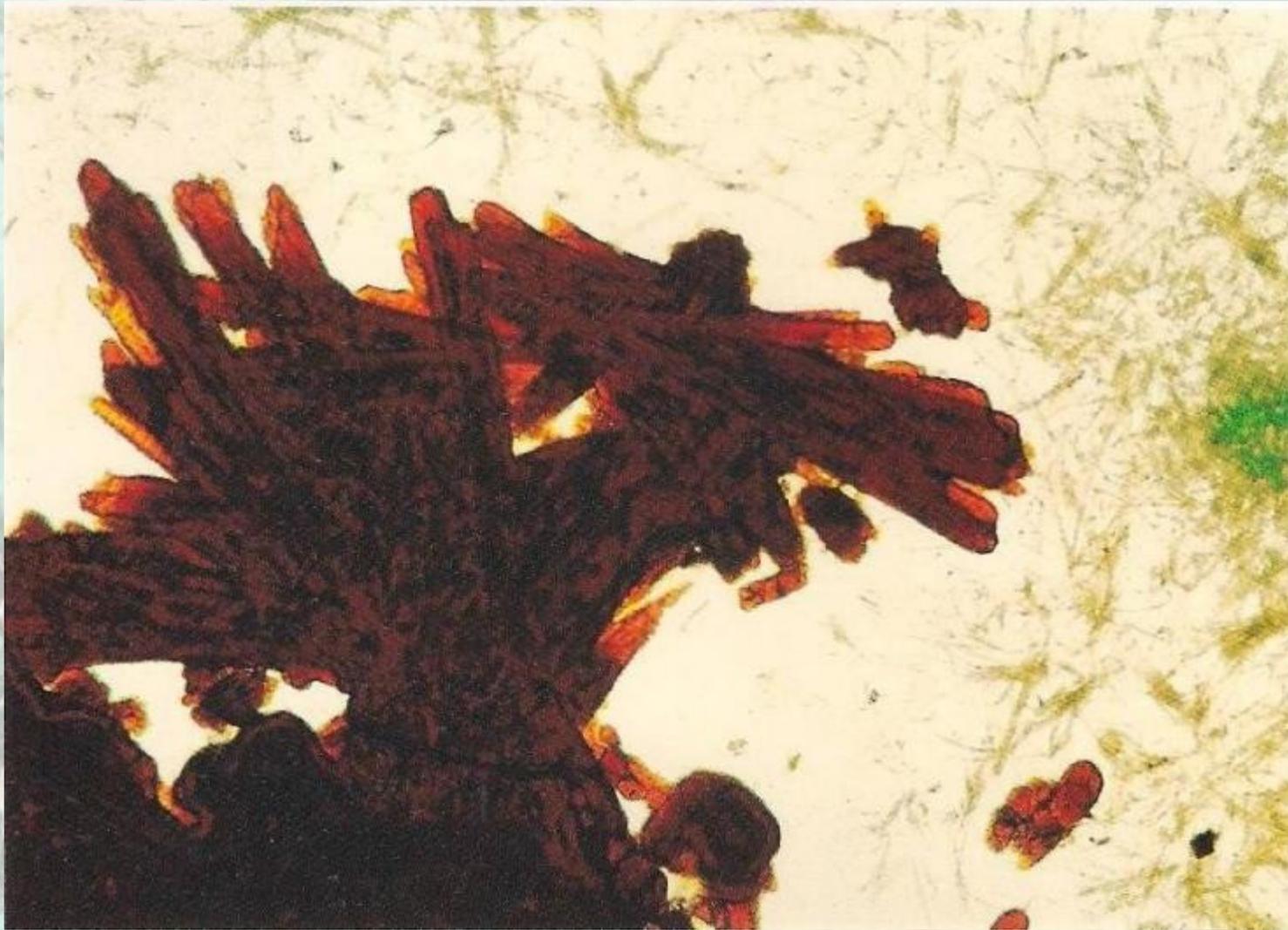
Relieve: Extremo.

Hábito: Acicular, agregados radiales. A veces cristales idiomórficos.

Otros: Asociado a magnetita



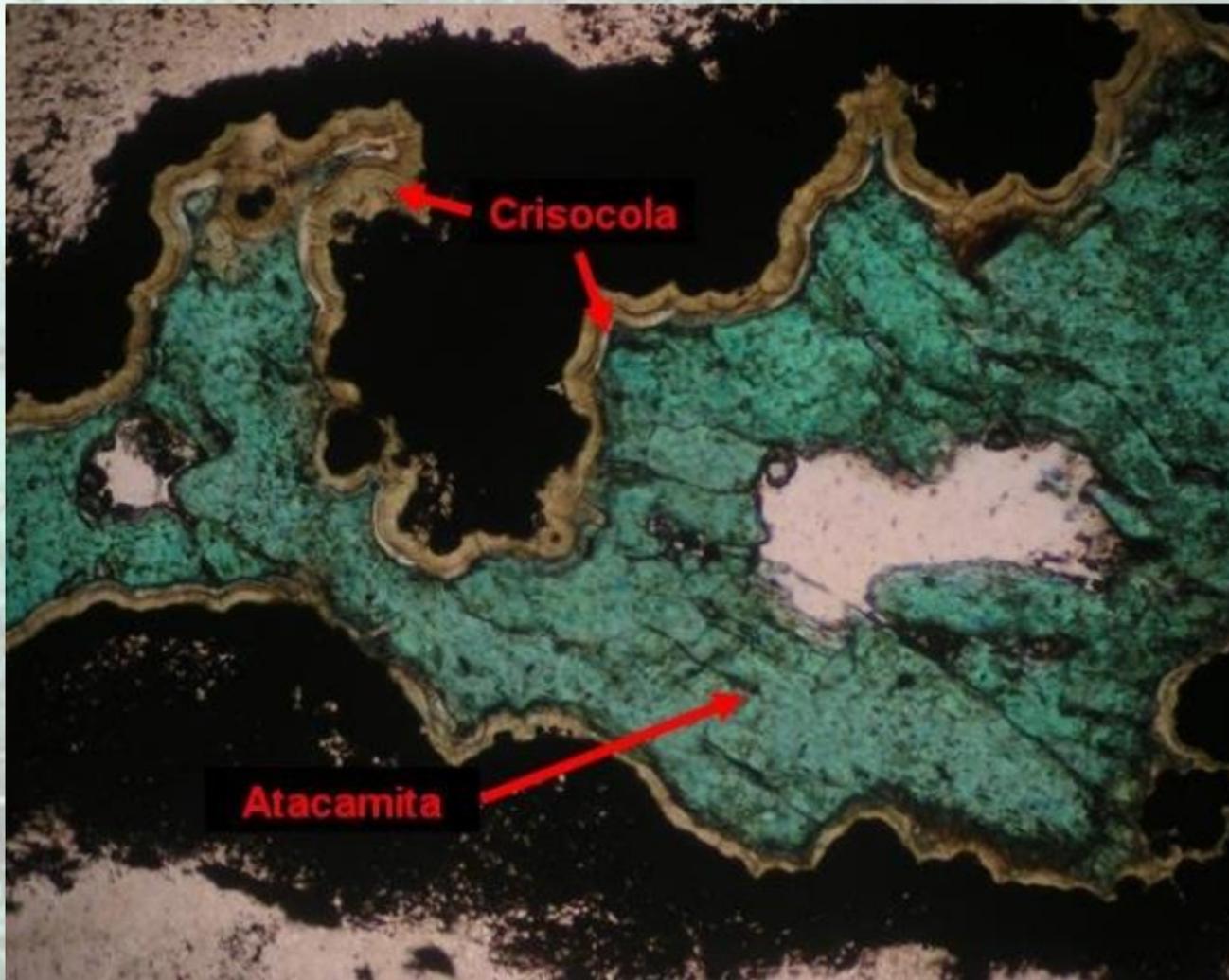
Goethita



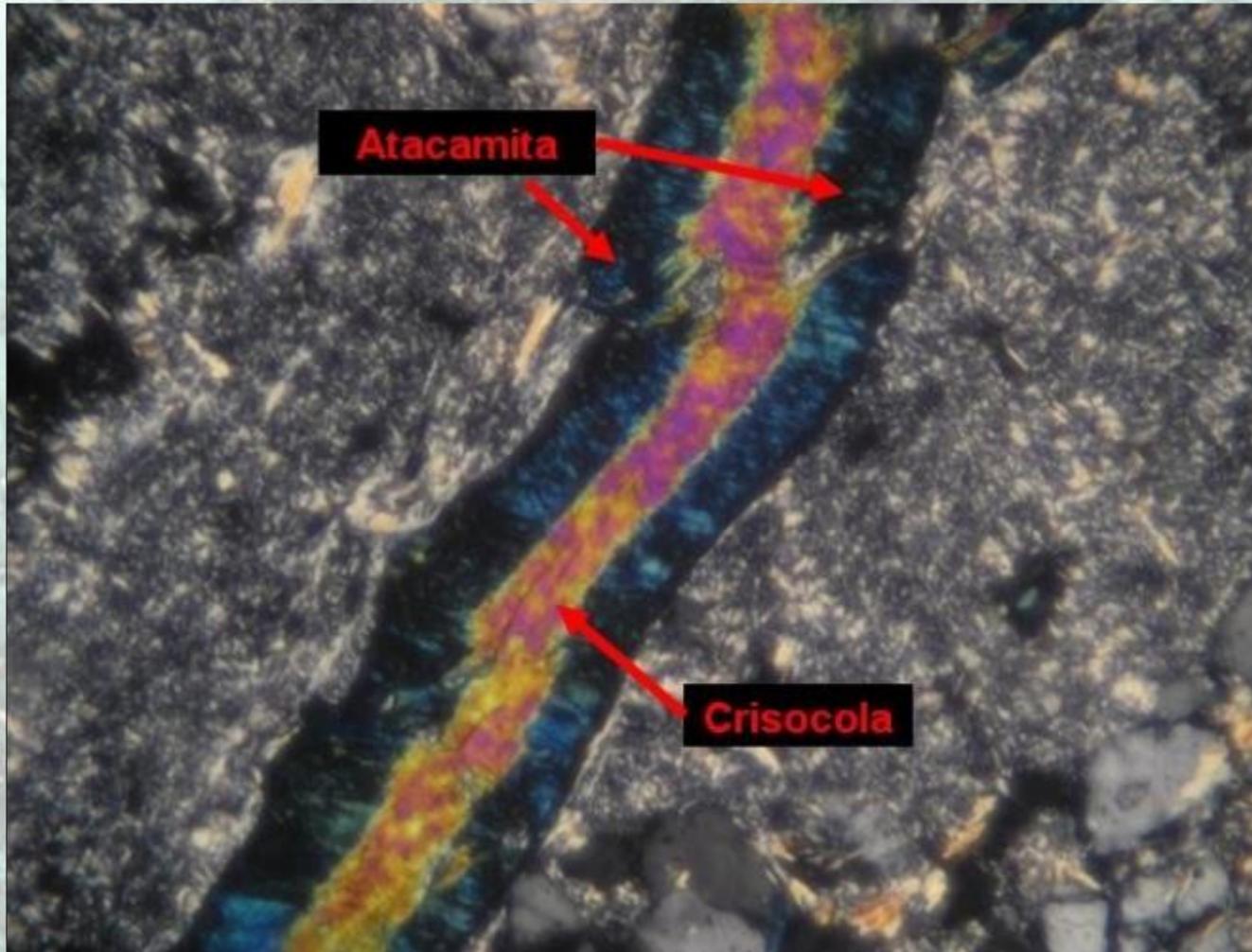
Goethita



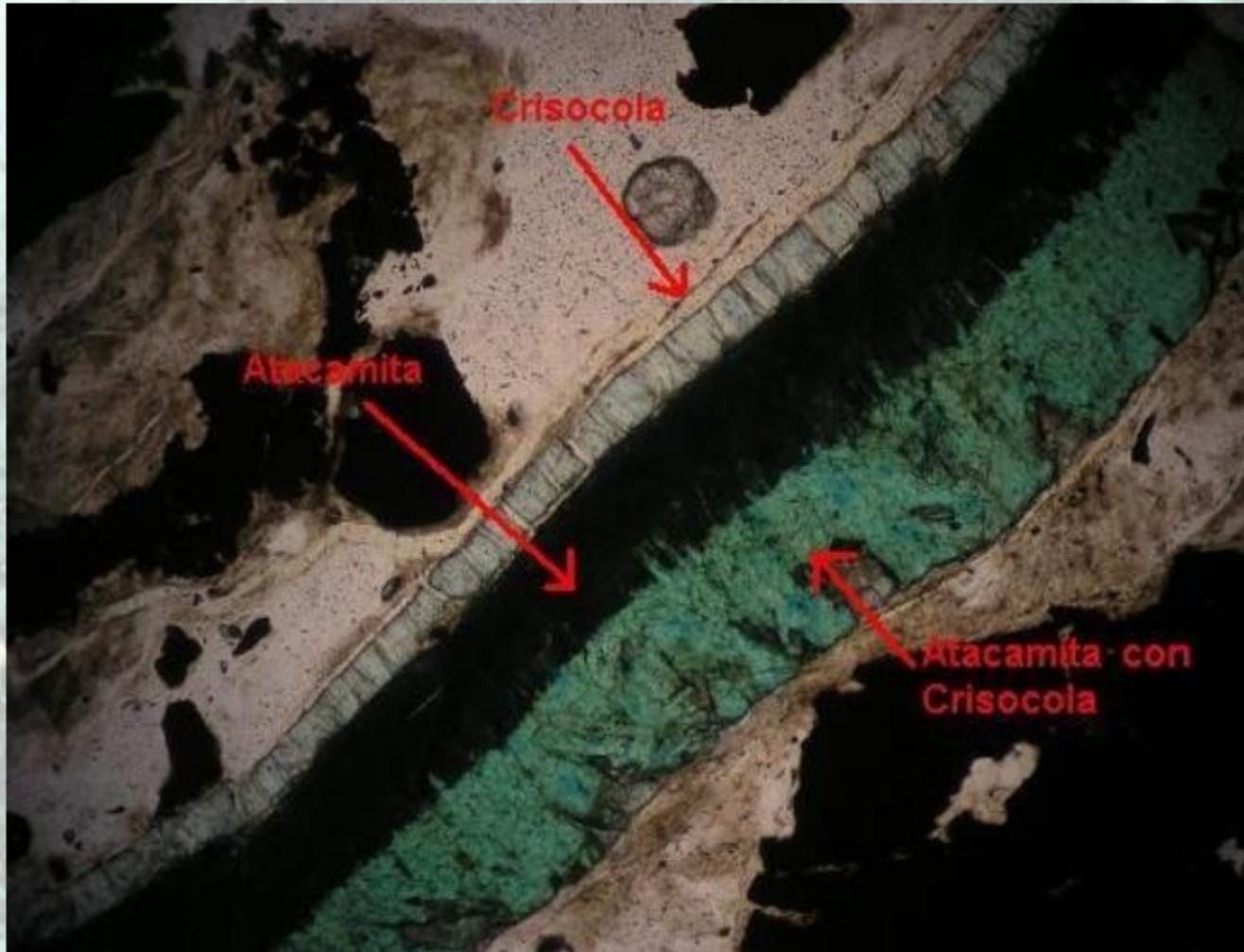
Textura Botroidal

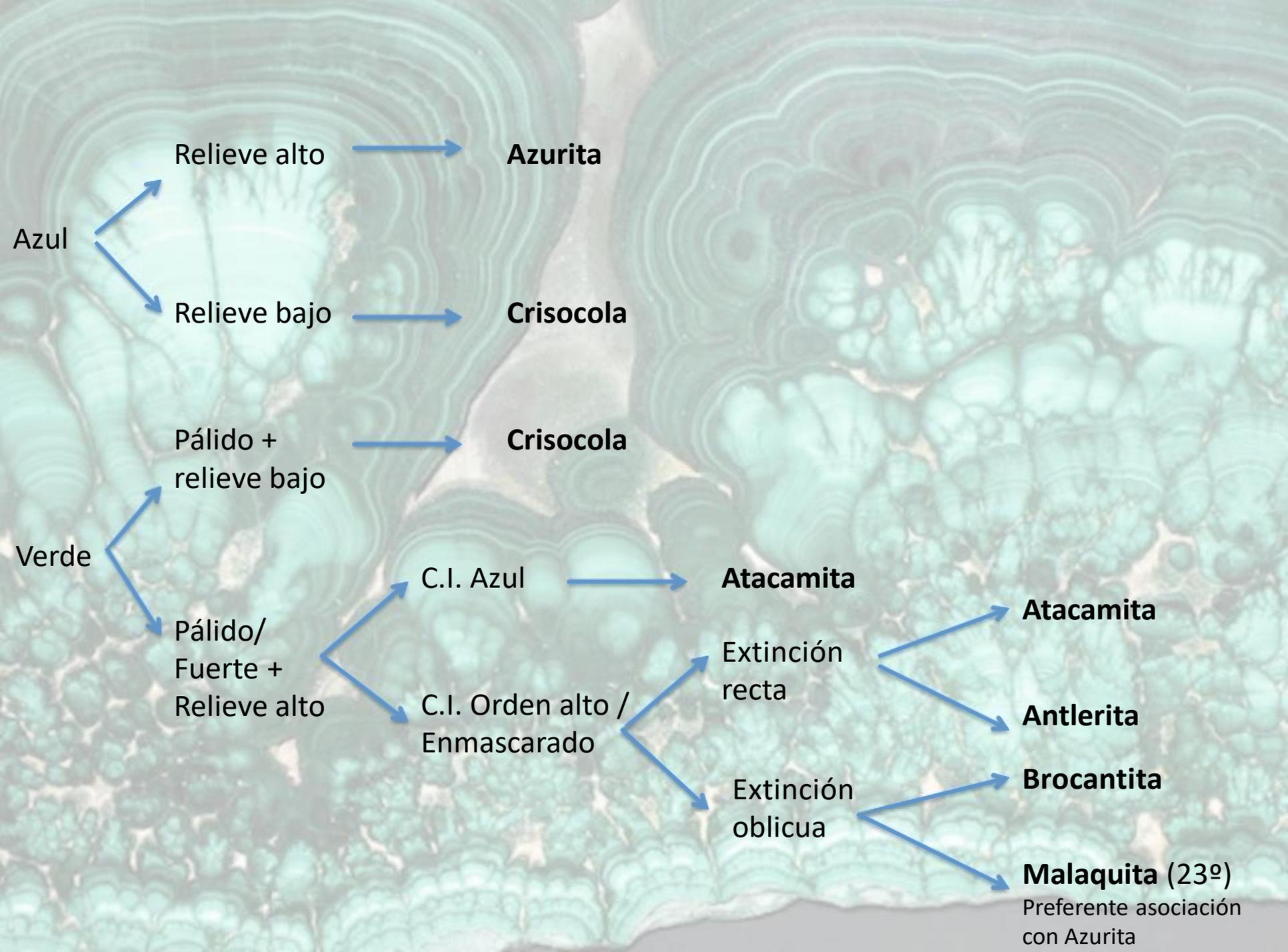


Bandeamiento Simétrico



Crustificación



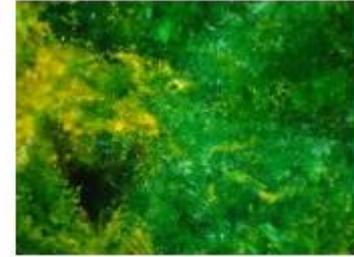


ATACAMITA – $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$

ND: gris blanco sin pleocroísmo. 10% de reflectividad, por encima de los minerales de gangue. Sin birreflectancia. Hábito tabular para granular.

NC: anisotropía débil, apenas visible debido a los reflejos verdes generalizados que cubren todo el agregado.

Imagen: NC, Atacamita (verde) y mineral ignorado (amarillo).

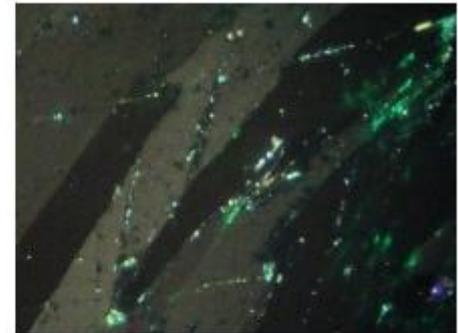


ANTLERITA – $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$

ND: color gris-blanco, mucho más claro que la ganga, sin pleocroísmo. Muy baja reflectividad, sin birreflectancia. Algunas reflexiones verdes presentes en ND. Los surcos de pulido son persistentes.

NC: anisotropía muy fuerte entre marrón claro y marrón oscuro, con reflejos verdes luminosos en los contactos e imperfecciones. Cuanto peor es el pulido, más reflejos verdes y menos visible es la anisotropía.

Imagen: el NC + 2º, antlerita (tonos marrones con reflejos verdes).



BROCHANTITA – $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

ND: color gris oscuro, tan oscuro como la ganga. Sin pleocroísmo. Muy baja reflectividad (<10%), con ligera birreflectancia. Se asocia con otros minerales de cobre. El hábito acicular es muy típico.

NC: anisotropía débil. Reflexiones internas en verde medio.

Imagen: NC, brochantita (verde, banda de cristales aciculares, capa superior), otro mineral de cobre (verde claro), roca (oscuro).



AZURITA – $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

(color azul visible en la sección pulida a simple vista)

ND: color gris oscuro y leve pleocroísmo. 8% de reflectividad con birreflectancia muy débil. Fuerte efervescencia con HCl diluido frío.

NC: anisotropía fuerte, a menudo enmascarada por reflejos internos en azul profundo. Los cristales muestran extinción oblicua.

Imagen: NC, azurita con reflejos azules y anisotropía muy fuerte.

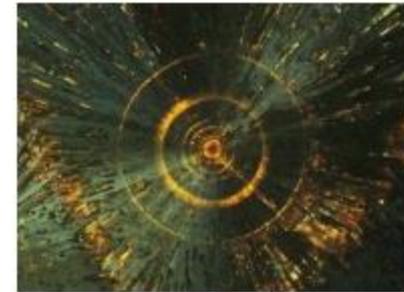


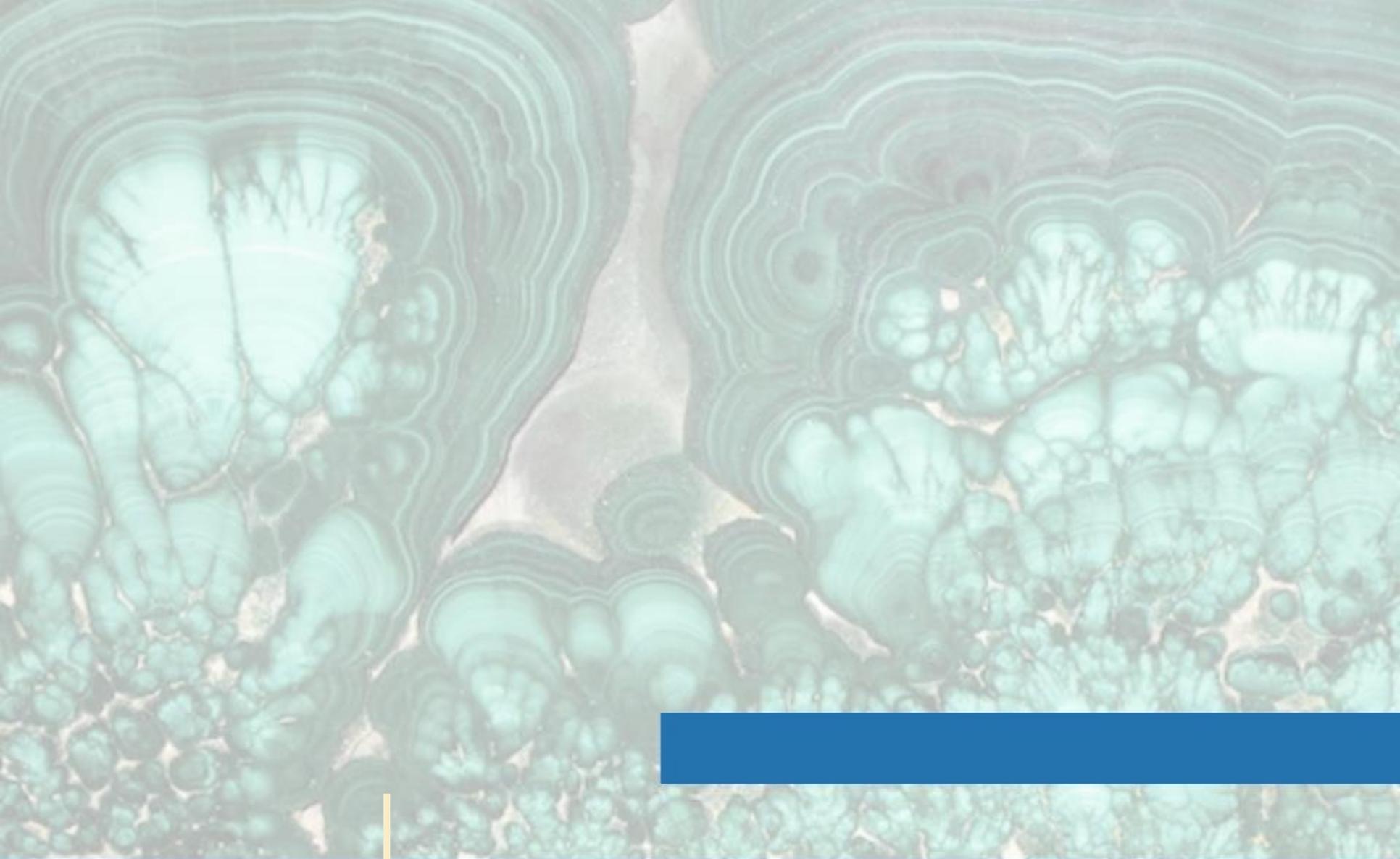
GOETHITA – $\text{FeO}(\text{OH})$

ND: color gris con un tono azul y 12% de reflectividad. Pleocroísmo débil, no tiene birreflectancia.

NC: anisotropía fuerte a débil y reflejos entre amarillo, naranja a marrón rojizo, predominantemente naranja. Forma agregados fibrosos irradiados o en bandas, que se asemejan a la calcedonia.

Imagen: agregado radial de fibras de goetita (anisotropía + naranja).





Fin