

Mineralogía II de Grado en Geología. Prácticas.

4. Microscopía de luz reflejada: identificación de minerales

Nuria Sánchez-Pastor. Francisco Javier Luque del Villar. Rubén Piña García.

Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense.
c/ José Antonio Nováis nº 2. 28040-Madrid.

nsanchez@geo.ucm.es jluque@geo.ucm.es rpinagar@geo.ucm.es

Resumen: El objetivo de esta práctica es identificar los distintos minerales que aparecen en una serie de probetas pulidas. Para ello, el alumno deberá reconocer y anotar las diferentes propiedades ópticas y describir las texturas observadas comenzando por los granos individuales y siguiendo con las relaciones espaciales entre los granos.

Palabras clave: Microscopio de luz reflejada. Identificación de minerales. Texturas. Propiedades ópticas.

PARTE I. IDENTIFICACIÓN DE PIRITA, CALCOPIRITA Y ESFALERITA

Pirita (Py)

FeS₂ (Cúbico)

Color: blanco, blanco amarillento.

Reflectividad: alta (54 %)

Pleocroismo/birreflectividad: no presenta

Dureza: alta (≈marcasita < casiterita)

Isotropía/anisotropía: isótropo, aunque puede ser débilmente anisótropo.

Reflexiones internas: no presenta.

Texturas: muy común como cubos idiomorfos.

Minerales asociados: calcopirita, esfalerita, galena, marcasita.

Diagnóstico: color blanco amarillento, alta reflectividad, elevada dureza de pulido, hábito cúbico.

Calcopirita (Cpy)

CuFeS₂ (Tetragonal)

Color: amarillo brillante a amarillo verdoso.

Reflectividad: media (43 %).

Pleocroismo/birreflectividad: generalmente débil, pero puede llegar a ser marcado.

Dureza: media (> galena, < esfalerita)

Isotropía/anisotropía: en general, débilmente anisótropo.

Reflexiones internas: no presenta.

Texturas: generalmente alotriomorfo. Puede presentar maclado polisintético y puede aparecer como gotas dentro de esfalerita.

Minerales asociados: pirita, esfalerita, calcosina, covellina, galena.

Diagnóstico: color característico (amarillo), en algunos casos puede confundirse con el oro (aunque éste es más blando y más reflectivo).

Esfalerita (SI)

ZnS (Cúbico)

Color: gris.

Reflectividad: baja (17 %).

Pleocroismo/birreflectividad: no presenta.

Dureza: media (>calcopirita, estannina < magnetita, pirita).

Isotropía/anisotropía: isótropo.

Reflexiones internas: muy frecuentes, de color marrón rojizo en variedades ricas en Fe, marrón amarillento en variedades pobres en Fe.

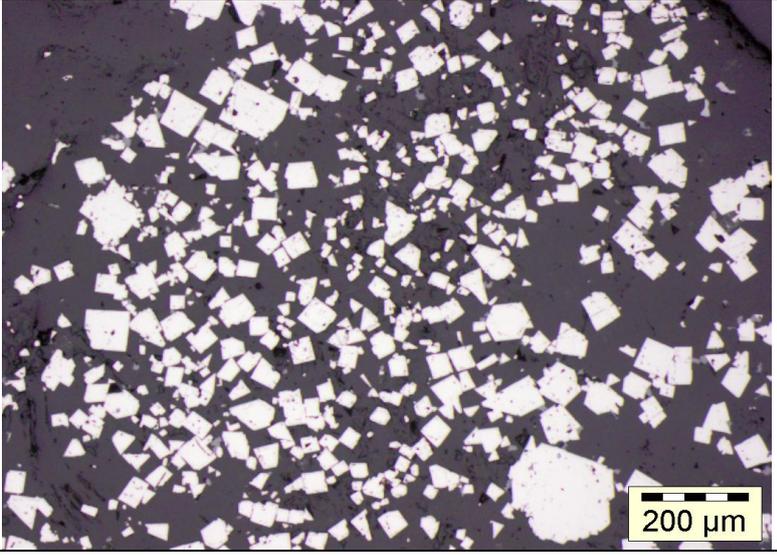
Texturas: puede presentar zonado. Son comunes las texturas de exsolución de esfalerita en otros minerales (p. ej., calcopirita) y viceversa.

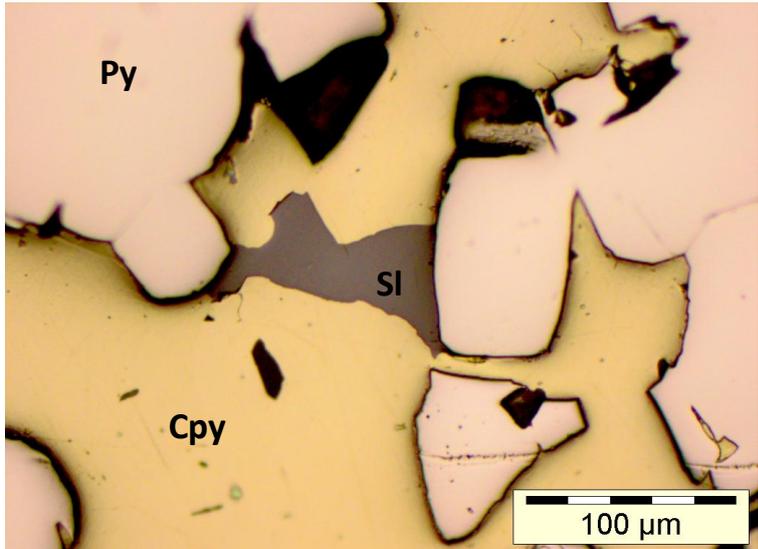
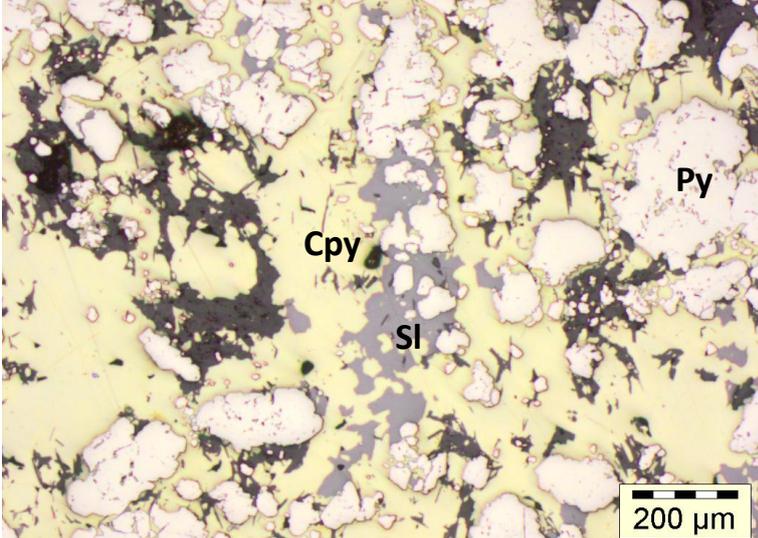
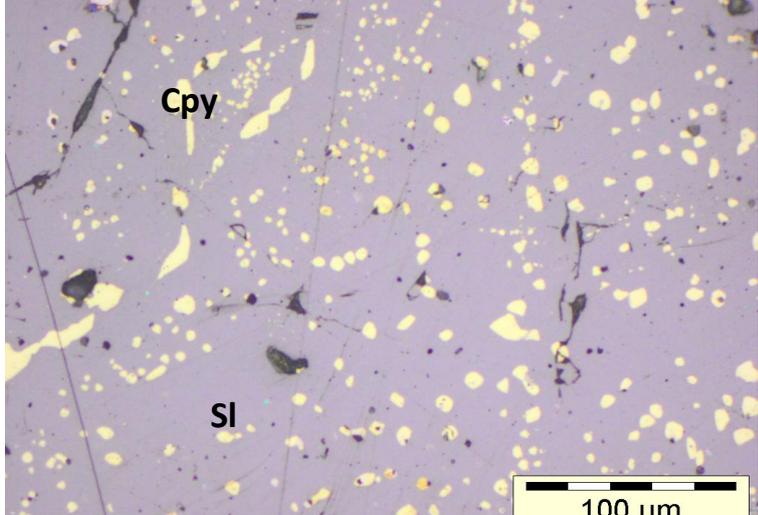
Minerales asociados: pirita, calcopirita, galena, magnetita.

Diagnóstico: baja reflectividad y reflexiones internas. Se distingue de la magnetita en que ésta tiene un tinte marrón, no presenta reflexiones internas y es mucho más dura.

Ejemplos

En cada uno de los ejemplos que se muestran a continuación, se han descrito las características diagnóstico que se aprecian en cada foto. Todas las imágenes de esta tabla se han tomado sin analizador.

MINERAL/ PROPIEDADES	MUESTRA
<p style="text-align: center;">Py:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Idiomorfa (cúbica) - Color blanco - Alta Reflectividad 	

<p>Py</p> <ul style="list-style-type: none"> - Subidiomorfa - Blanca-amarillenta - Alta Reflectividad - Alta dureza <p>Cpy</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amarilla - Reflect. media <p>SI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Color gris - Baja reflectividad 	
<p>Py</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alotriomorfa - Blanca - Alta Reflectividad <p>Cpy</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amarilla - Reflect. media <p>SI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gris - Reflect. baja 	
<p>Cpy</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amarilla - Reflect. media - Exsolución en esfalerita <p>SI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gris - Reflect. baja - Dureza baja: líneas de pulido 	

Muestras

MUESTRA	ASOCIACIÓN MINERAL
A-2	cpy+py+sl
A-4	cpy+py+sl
A-5	cpy+py+sl (escasa)
A-6	cpy+py+sl (escasa)
A-7	py+cpy+sl+gl
A-8	py+cpy+sl
A-9	py+cpy+sl (escasa)
A-10	sl
A-11	py+cpy+sl
A-12	sl
A-46	py+sl+gl+cpy
A-47	py+cpy+sl+gl
A-48	py+sl+gl+cpy
A-49	py+(sl+gl+cpy) accesorios
A-50	py+sl+cpy+gl
A-51	py+cpy+sl+gl
A-52	py+cpy+(sl+gl)
A-53	py+cpy+sl
A-54	py+sl+gl+cpy
A-55	py+cpy+sl
A-56	py+cpy+sl+gl
A-57	py+sl+gl+cpy
A-58	py+cpy+cv+sl (cpy exsol.)+cc+gl
A-59	py+goethita
A-60	Proustita+py+mc+sl
A-61	cpy+py+sl
A-62	py+cpy+sl+gl
A-63	gl+py+sl+cpy
A-64	py+gl+sl
A-65	py+gl+sl+po
A-66 a A-71	mc+sl+melnicovita
A-72	cpy+cc+sl (cpy exsol.)+py+cv

PARTE II. IDENTIFICACIÓN DE MARCASITA, GALENA, COVELLINA Y CALCOSINA

Marcasita (Mc)

FeS₂ (Rómbico)

Color: blanco-crema. Similar a la pirita, pero en contacto presenta un ligero tinte azul.

Reflectividad: alta (52 %).

Pleocroismo/birreflectividad: débil a fuerte.

Dureza: alta (\cong pirita).

Isotropía/anisotropía: fuertemente anisótropo, con colores verdes muy intensos.

Reflexiones internas: no presenta.

Texturas: son muy comunes las maclas laminares. Crecimientos en “cresta de gallo”.

Minerales asociados: pirita, galena, esfalerita, magnetita.

Diagnóstico: su anisotropía en colores verdes la diferencian de la pirita.

Galena (GI)

PbS (Cúbico)

Color: blanco.

Reflectividad: media (43 %).

Pleocroismo/birreflectividad: no presenta.

Dureza: media a baja (>covellina; = calcosina).

Isotropía/anisotropía: isótropo.

Reflexiones internas: no presenta.

Texturas: Exfoliación cúbica perfecta, desarrolla marcas triangulares características debidas al pulido.

Minerales asociados: casi todos los minerales, pero en particular esfalerita, pirita, calcopirita y magnetita.

Diagnóstico: dureza baja, marcas triangulares de pulido, reflectividad relativamente alta. Isotropía.

Covellina (Cv)

CuS (Hexagonal)

Color: azul intenso a azul claro.

Reflectividad: baja (14 %).

Pleocroismo/birreflectividad: extraordinariamente alto, de azul intenso a azul claro.

Dureza: baja (>> argentita; < galena, calcopirita, calcosina).

Isotropía/anisotropía: anisotropía extrema en colores naranjas muy característicos.

Reflexiones internas: no presenta.

Texturas: típico en agregados de cristales aciculares.

Minerales asociados: calcosina, calcopirita, pirita, esfalerita y galena.

Diagnóstico: color azul, pleocroísmo intenso y anisotropía con colores naranjas.

Suele ir asociado con calcosina y, a veces, remplazando a calcopirita.

Calcosina (Cc)

Cu_2S (Cúbico/Hexagonal)

Color: azul claro a blanco azulado.

Reflectividad: media-baja (29 %, puede llegar a ser 18 %)

Pleocroismo/birreflectividad: muy débil, puede no ser apreciable.

Dureza: media (>galena).

Isotropía/anisotropía: isótropo a débilmente anisótropo, incluso anisotropía distinguible en tonos verdosos a rosas.

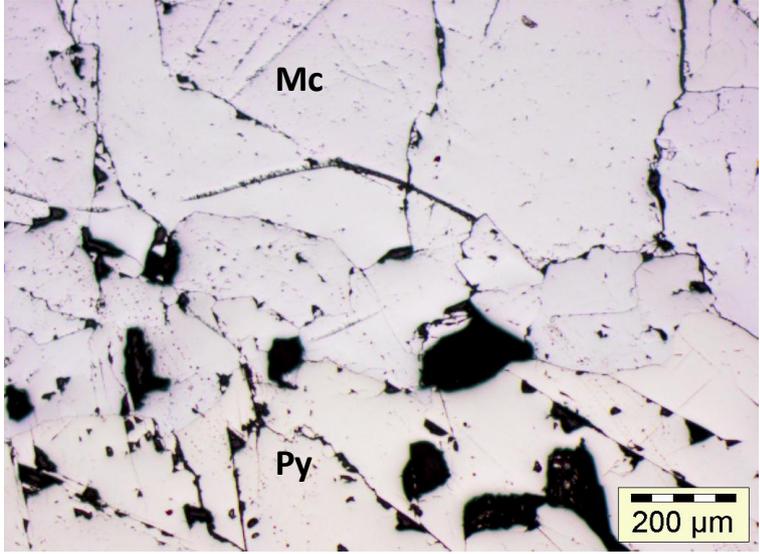
Reflexiones internas: no presenta.

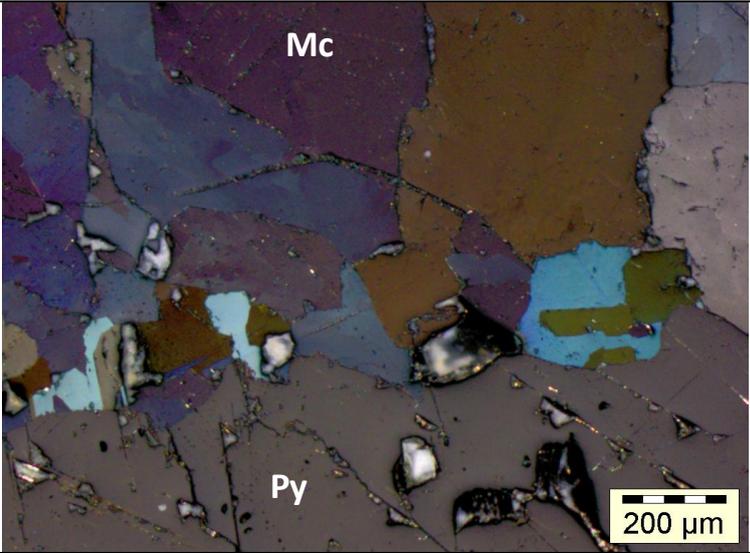
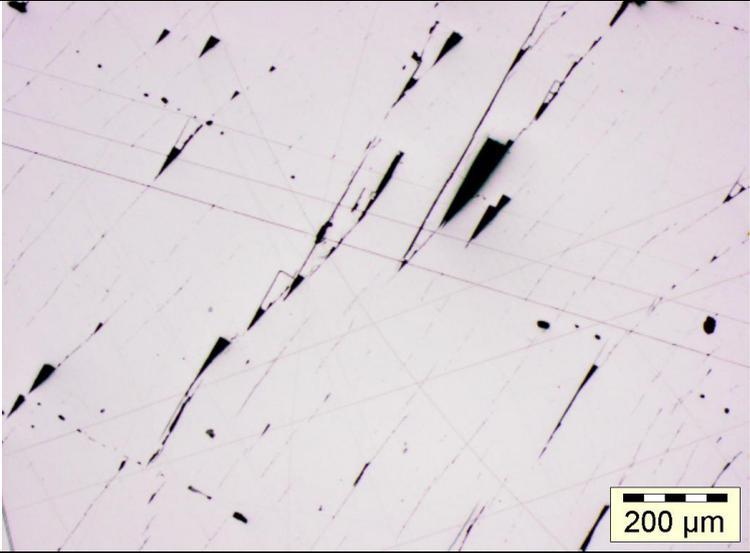
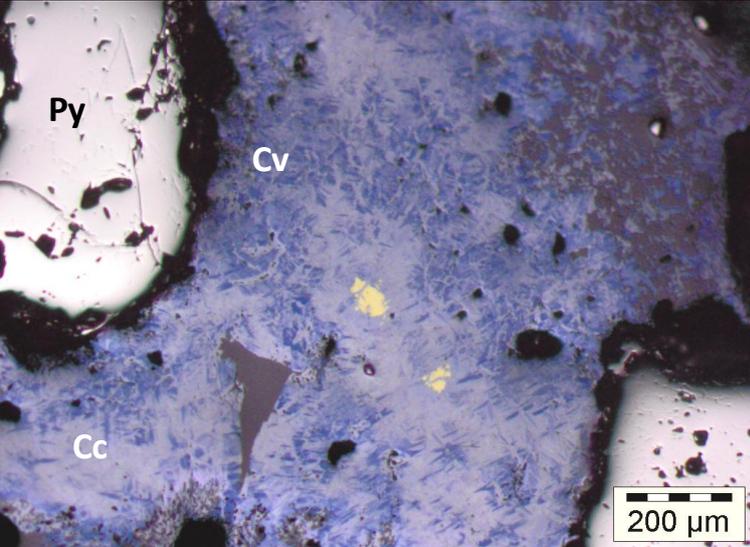
Texturas: generalmente texturas de remplazo en asociación con covellina.

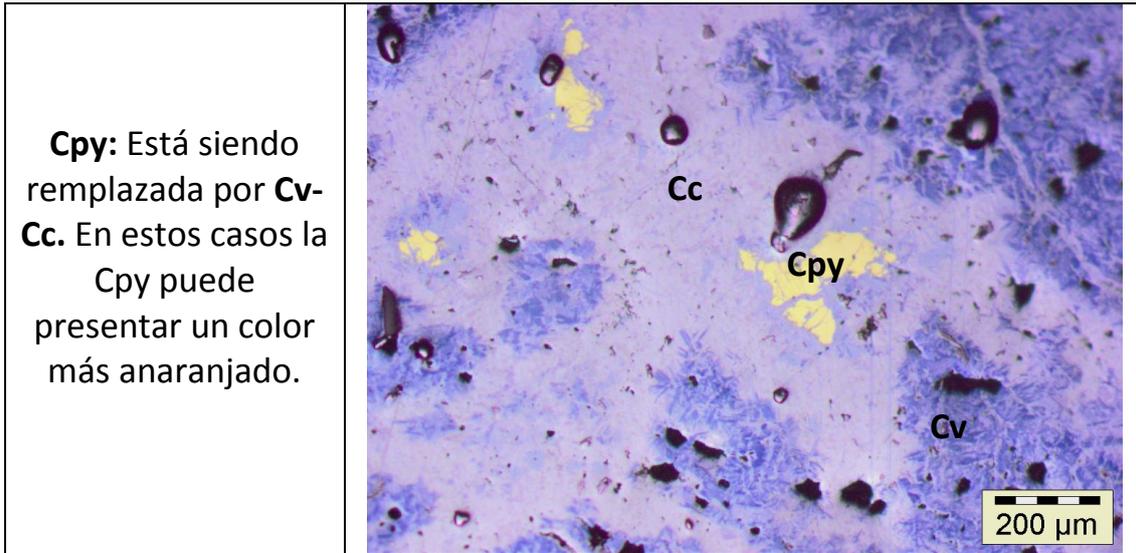
Minerales asociados: covellina, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, goethita.

Diagnóstico: mineral muy difícil de distinguir cuando aparece solo. Es diagnóstico su aparición con otros minerales de cobre como calcopirita y covellina.

Ejemplos

MINERAL/ PROPIEDADES	MUESTRA
<p>Py</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blanca-amarillenta - Alta reflectividad - Alta dureza <p>Mc*</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blanca - Alta reflectividad - Alta dureza <p>* Con nícoles paralelos la marcasita es prácticamente igual a la pirita.</p>	

<p>Misma foto que la anterior con analizador: la Py es isótropa mientras que la Mc es fuertemente anisótropa.</p>	
<p>Gl</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reflect. media - Color blanco - Dureza media-baja - Marcas triangulares de pulido (exfoliación cúbica) 	
<p>Cv</p> <ul style="list-style-type: none"> - Color azul - Pleocroismo - Reflectividad baja - Hábito acicular <p>Cc</p> <ul style="list-style-type: none"> - Color gris azulado claro - Reflectividad baja - Generalmente junto a Cv y Cpy 	



Muestras

MUESTRA	ASOCIACIÓN MINERAL
A-14	gl+sl
A-24 a A-29	cpy+cc+cv+py
A-41 a A-45	sl+mc+py+gl
A-62	py+cpy+sl+gl
A-63	gl+py+sl+cpy
A-64	py+gl+sl
A-65	py+gl+sl+po
A-66 a A-86	mc+sl+melnicovita
A-87	sl+mc+py+gl
A-88	gl+sl+ cpy (escasa)
A-89	py+mc+sl+goethita+gl
A-90	gl+sl+ (cpy+cv)
A-91	py+sl+gl+mc+po
A-92	mc+py+sl
A-93	mc+py+sl
A-94	mc+py+sl
A-95	mc+py+gl
A-96	gl+sl
A-97	gl+sl

PARTE III. IDENTIFICACIÓN DE ESTIBINA, GOETHITA Y MAGNETITA

Estibina

Sb_2S_3 (Rómbico)

Color: blanco a blanco grisáceo.

Reflectividad: media (38 %).

Pleocroísmo/birreflectividad: muy fuerte.

Dureza: baja (< galena, << calcopirita).

Isotropía/anisotropía: marcadamente anisótropo en color azul, gris y marrón.

Reflexiones internas: no presenta.

Texturas: maclado polisintético muy común terminado en punta (punta de flecha).

Minerales asociados: cinabrio, minerales de Ag, etc.

Diagnóstico: pleocroísmo de birreflexión intenso, anisotropía muy característica, maclado polisintético.

Goethita

$FeOOH$ (Monoclínico)

Color: gris, con tinte azulado.

Reflectividad: baja (16 %).

Pleocroísmo/birreflectividad: débil.

Dureza: alta.

Isotropía/anisotropía: anisótropo, distinguible con colores azules. A veces enmascarada por las reflexiones internas.

Reflexiones internas: muy abundantes, de colores pardo-rojizo.

Texturas: botrioidales, bandeadas, esferulíticas y radiadas.

Minerales asociados: pirita, calcopirita, esfalerita y galena.

Diagnóstico: las texturas y las abundantes reflexiones internas.

Magnetita

Fe_3O_4 (Cúbico)

Color: gris con tinte marrón.

Reflectividad: baja (20 %).

Pleocroísmo/birreflectividad: no presenta.

Dureza: alta.

Isotropía/anisotropía: isótropo.

Reflexiones internas: no presenta.

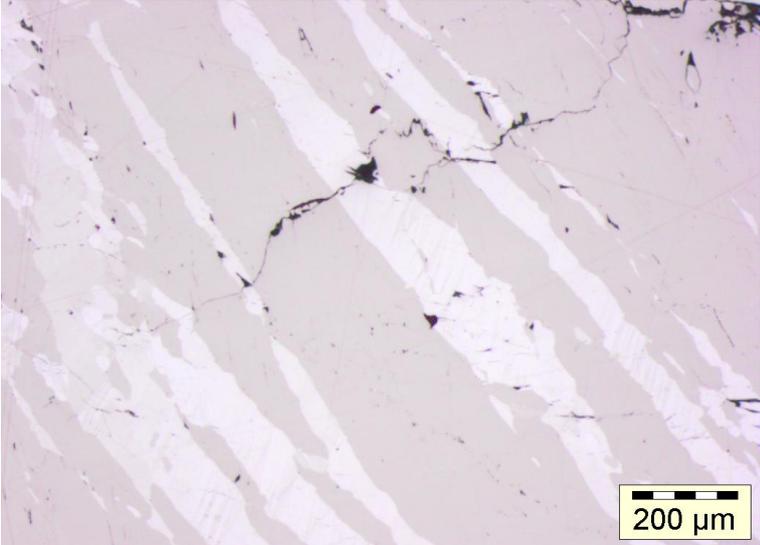
Texturas: cristales equidimensionales idiomorfos (octaédricos) a alotriomorfos. A veces puede presentar exsoluciones lamelares de ilmenita (anisótropa). Es común que aparezca pseudomorfizada por hematites a lo largo de planos de exfoliación (martitización).

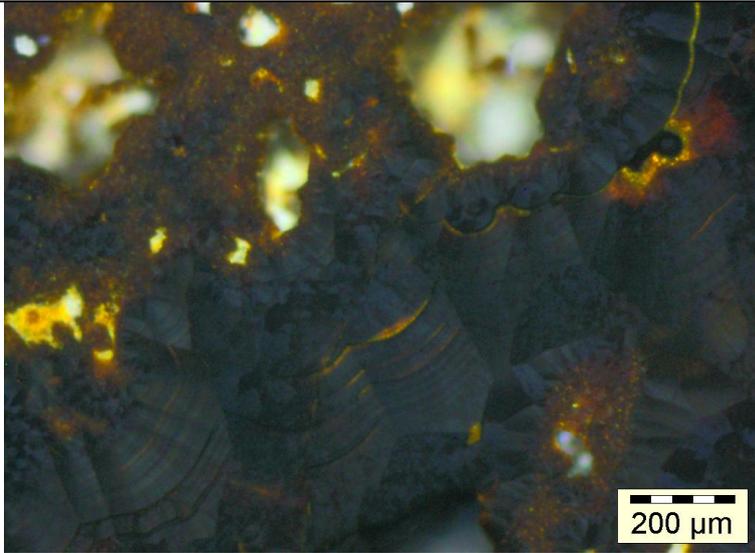
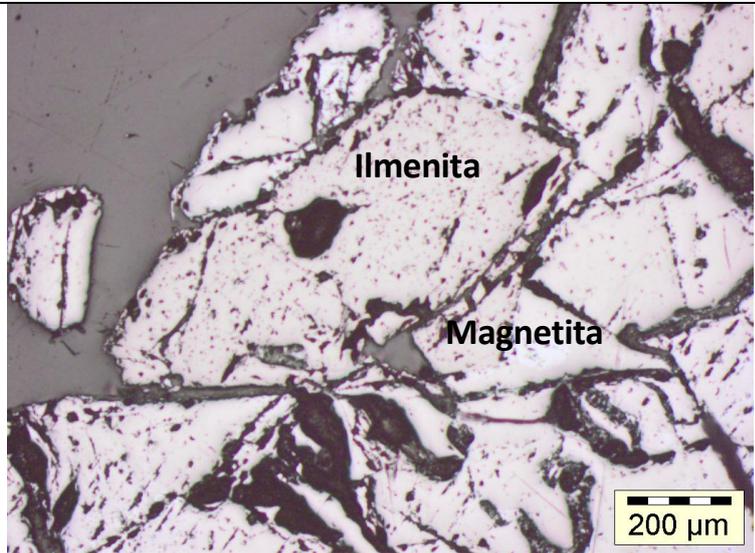
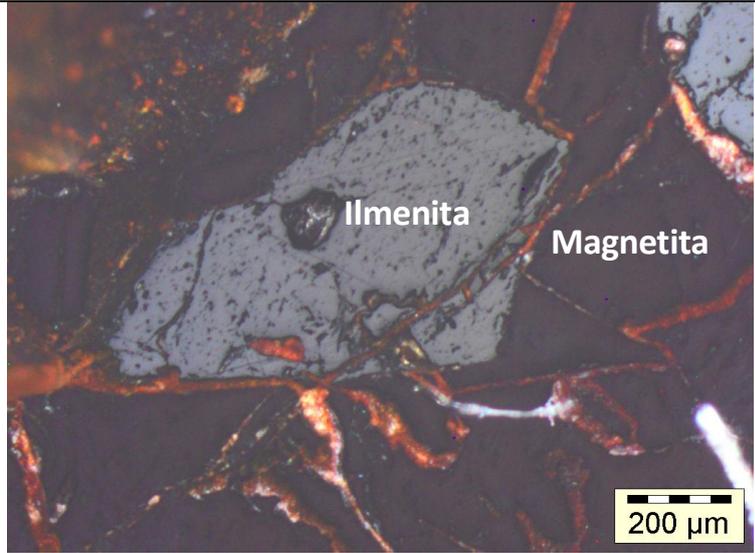
Minerales asociados: hematites, ilmenita, esfalerita, calcopirita, galena.

Diagnóstico: dureza alta, reflectividad baja, isotropía y ausencia de reflexiones internas. Puede confundirse con esfalerita (más blanda y suele presentar

reflexiones internas), con cromita (si ésta no presenta reflexiones internas son difíciles de distinguir entre sí) y con ilmenita (anisótropa).

Ejemplos

MINERAL/ PROPIEDADES	MUESTRA
<p>Estibina</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blanca a blanca grisácea - Reflectividad media - Birreflectividad alta - Baja dureza 	
<p>Estibina</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marcadamente anisótropa - Maclado polisintético acabado en punta de flecha 	

<p>Goethita</p> <ul style="list-style-type: none"> - Textura botrioidal - Anisotropía en colores azules - Reflexiones internas pardo-rojizas <p>* Las reflexiones internas blancas pertenecen a los minerales de la ganga</p>	 <p>200 µm</p>
<p>Magnetita</p> <ul style="list-style-type: none"> - Color gris - Reflectividad baja - Dureza alta: irregularidades en la superficie <p>Ilmenita</p> <p>Mismas propiedades que la magnetita con nícoles paralelos</p>	 <p>Ilmenita</p> <p>Magnetita</p> <p>200 µm</p>
<p>* Con nícoles cruzados la magnetita es isótropa mientras que la ilmenita es anisótropa</p>	 <p>Ilmenita</p> <p>Magnetita</p> <p>200 µm</p>

Muestras

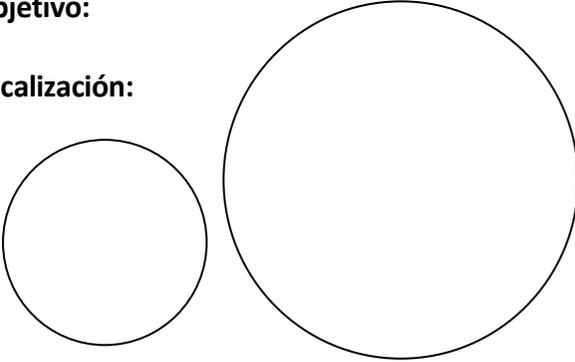
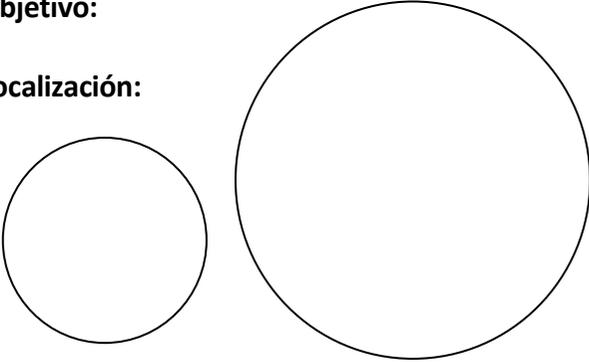
MUESTRA	ASOCIACIÓN MINERAL
A-15	Estibina
A-21	Estibina
A-22	Estibina
A-23	Estibina
A-30 a A-34	Estibina
A-35 a A-40	goethita
A-89	py+mc+sl+goethita+gl
A-98	goethita
A-99 a A-102	Magnetita+Ilmenita
A-103 a A-118	magnetita+cpy+py+po (escasa)
A-119	goethita+py+sl+gl
A-120	py+goethita+sl (cpy exsol.)+gl
A-121	goethita+py+sl+gl

PRÁCTICA

A continuación se presenta una tabla que el alumno deberá rellenar teniendo en cuenta cada uno de los minerales que aparecen en la probeta elegida. La metodología de trabajo a seguir es la siguiente:

- i. Observar las características de los minerales con polarizador y sin analizador.
- ii. Observar las características de los minerales con polarizador y analizador.
- iii. En base a estas características, identificar los diferentes minerales.
- iv. Pensar con qué otro mineral se podrían confundir los minerales identificados y la razón que podría llevar a esa confusión.
- v. Anotar la proporción relativa aproximada de cada uno de los minerales que se han identificado en la probeta (para calcular el porcentaje habrá que tener en cuenta la ganga y anotarlo en la descripción general de la muestra).
- vi. Describir las texturas características de los diferentes minerales identificados. Además, en una hoja a parte se podrán explicar las texturas de los agregados de cristales y la relación espacial entre ellos.

- vii. Dibujar uno o dos esquemas (si fuera necesario) mostrando las relaciones texturales entre los minerales identificados. El alumno deberá anotar en la leyenda los colores usados para cada uno de los minerales opacos y la ganga. Se pueden hacer dos dibujos de dos zonas representativas de la muestra (si no se encuentra un punto en el que todos los minerales estén en contacto). Además, es importante anotar el objetivo con el que se está realizando la observación.
- ✓ En el círculo pequeño habrá que dibujar la localización del punto de observación en la muestra (lo más preciso posible) y la posición de la etiqueta de la muestra.
 - ✓ En el círculo grande se dibujarán las relaciones entre los granos minerales o cualquier característica que el alumno quiera representar.
- viii. Si el nombre del mineral no se conoce o no se recuerda, se pueden utilizar las tablas de Schouten para identificarlo y anotar el número y la letra correspondiente en la casilla "Nombre del mineral".

Nº PROBETA:	Mineral 1	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4
Observaciones con polarizador y sin analizador				
Color:				
Forma/hábito (maclas)				
Reflectividad:				
Pleocroismo:				
Dureza de pulido:				
Observaciones con analizador y polarizador				
Isótropo/anisótropo:				
Color de anisotropía:				
Reflexiones internas:				
NOMBRE DEL MINERAL				
¿Con qué mineral podrías confundirlo? ¿Por qué?				
Proporción relativa del mineral en la probeta				
Texturas de los minerales de mena				
DIBUJA UN ESQUEMA MOSTRANDO LAS RELACIONES TEXTURALES ENTRE LOS MINERALES IDENTIFICADOS: Leyenda: Mineral 1 → Mineral 2 → Mineral 3 → Mineral 4 →	Objetivo: Localización: 		Objetivo: Localización: 	

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Ineson, P.R. 1989. *Introduction to practical ore microscopy*. Longman, London.
- Ixer, R. A. 1991. *Atlas of Opaque and Ore Minerals in Their Associations*. Van Nostrand Reinhold.
- Picot, P. y Johan, Z. 1982. *Atlas of ore minerals*. BRGM. Elsevier, Orleans, Amsterdam, 458 pp.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

- Atlas of Opaque and Ore Minerals in Their Associations. Fecha de consulta: marzo 2011. Disponible en:
<http://www.smenet.org/opaque-ore/>
- Introduction to ore microscopy. Fecha de consulta: Marzo 2011. Disponible en:
<http://www.unige.ch/sciences/terre/mineral/fontbote/opaques/opaquesmenu.html>
- Virtual Atlas of Opaque and Ore Minerals. Fecha de consulta: Marzo 2011. Disponible en:
<http://www.smenet.org/opaque-ore/>
- WebMineral. Fecha de consulta: Marzo 2011. Disponible en:
<http://webmineral.brgm.fr:8003/mineraux/Main.html>

Recibido: 23 marzo 2011.

Aceptado: 11 octubre 2011.