

Mineralogía I de Grado en Geología. Prácticas. 6. Identificación de visu y microscopio de Inosilicatos

Rubén Piña García. Nuria Sánchez-Pastor. Lurdes Fernández Díaz.

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

rpinagar@geo.ucm.es nsanchez@geo.ucm.es lfdz@geo.ucm.es

Resumen: Los inosilicatos comprenden la subclase de silicatos en donde los tetraedros de SiO_4 están unidos entre sí formando cadenas simples (grupo de los piroxenos) y dobles (grupo de los anfíboles), las cuales se encuentran unidas entre sí mediante cationes como Mg^{2+} , Fe^{2+} o Ca^{2+} . Representan un grupo importante de minerales ferromagnesianos presentes principalmente en el ambiente ígneo y también, aunque en menor medida, en el ambiente metamórfico. Concretamente, los piroxenos son uno de los silicatos más comunes, fundamentalmente debido a su presencia en basaltos y otras rocas relacionadas (por ejemplo, gabros) que forman la corteza oceánica. Por su parte, los piroxenoides son menos comunes que piroxenos y anfíboles pero en algunos casos, como por ejemplo, la wollastonita, pueden ser un constituyente principal de ciertas rocas metamórficas. A causa de la estructura en cadenas, los piroxenos y anfíboles presentan una excelente exfoliación en secciones longitudinales paralelas al eje de construcción de las cadenas, además de mostrar hábitos típicamente prismáticos. En esta práctica, aprenderemos a diferenciar entre piroxenos y anfíboles en el microscopio, y a su vez entre ortopiroxenos y clinopiroxenos, cada uno de los cuales caracterizados por unas propiedades ópticas particulares. Además, se estudiarán los anfíboles más comunes, hornblendas y actinolitas-tremolitas.

Palabras clave: Inosilicatos. Visu. Propiedades ópticas. Ortopiroxenos. Clinopiroxenos. Anfíboles. Hornblenda. Wollastonita.

INTRODUCCIÓN

En los Inosilicatos hay dos grandes grupos: piroxenos (inosilicatos de cadena sencilla) y anfíboles (inosilicatos de cadena doble). Ambos grupos de minerales presentan propiedades físicas comunes en muestras de mano, lo que hace que a menudo no sea fácil su identificación. Con respecto a estas características se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- Color, brillo y dureza son análogas en piroxenos y anfíboles.
- La densidad es generalmente más baja en anfíboles (por la presencia de OH en su estructura).

- El hábito en piroxenos suele ser corresponder a prismas gruesos y cortos. Los anfíboles se presentan frecuentemente como cristales mas alargados, que pueden llegar incluso a ser aciculares.
- La exfoliación, cuando se observa, está mejor definida en los anfíboles.

Existen diferencias significativas en las propiedades ópticas que presentan los minerales de estos dos grupos que permiten su identificación con el microscopio óptico de transmisión, (Tabla 1):

	PIROXENOS	ANFÍBOLES
HÁBITO	Prismas cortos	Prismas largos, a veces aciculares
EXFOLIACIÓN	Dos sistemas de líneas que se cortan a 88° en secciones basales Un único sistema en secciones longitudinales	Dos sistemas de líneas que se cortan a 124° en secciones basales Un único sistema en secciones longitudinales
PLEOCROISMO	No tiene o poco marcado	Acusado
RELIEVE	Mayor que los anfíboles	Menor que los piroxenos
ÁNGULO DE EXTINCIÓN EN SECCIONES PARALELAS AL EJE C	Mayor que los anfíboles	Menor que los piroxenos
SIGNO ÓPTICO	Generalmente positivo	Generalmente negativo

Tabla 1. Diferencias más significativas en las propiedades ópticas entre piroxenos y anfíboles. En negrita aparecen las propiedades diagnóstico para diferenciar entre piroxenos y anfíboles.

En ambos grupos minerales incluyen dos tipos estructurales básicos, que se caracterizan por presentar distinta simetría. Tanto en piroxenos como anfíboles existen especies que cristalizan en el sistema rómbico y especies que cristalizan en el sistema monoclinico. Esta característica lleva distinguir clinopiroxenos y ortopiroxenos, en un caso, y clinofanfíboles y ortoanfíboles, en el otro.

GRUPO DE LOS PIROXENOS

Con frecuencia es muy complicado distinguir entre piroxenos rómbicos (ortopiroxenos) y piroxenos monoclinicos (clinopiroxenos) en muestra de mano. Por ello, se recurre de forma habitual a las observaciones con microscopio óptico de transmisión. En la Tabla 2 se enumeran las principales propiedades ópticas de ambos tipos de piroxenos que son de utilidad para diferenciarlos:

A continuación se describe de manera más detallada las propiedades ópticas de ortopiroxenos y clinopiroxenos (Fig. 1).

	ORTOPIROXENOS	CLINOPIROXENOS
HÁBITO	Prismas cortos	Prismas algo más largos
EXFOLIACIÓN	Dos sistemas de líneas que se cortan a ~ 88° en secciones basales. Un único sistema en secciones longitudinales	
BIRREFRINGENCIA	Baja-media	Alta
RELIEVE	Alto	
EXTINCIÓN	Recta	Oblicua , aunque recta en secciones paralelas a (100).

Tabla 2. Principales propiedades ópticas de ortopiroxenos y clinopiroxenos. En negrita aparecen las propiedades diagnóstico para diferenciar entre ortopiroxenos y clinopiroxenos.

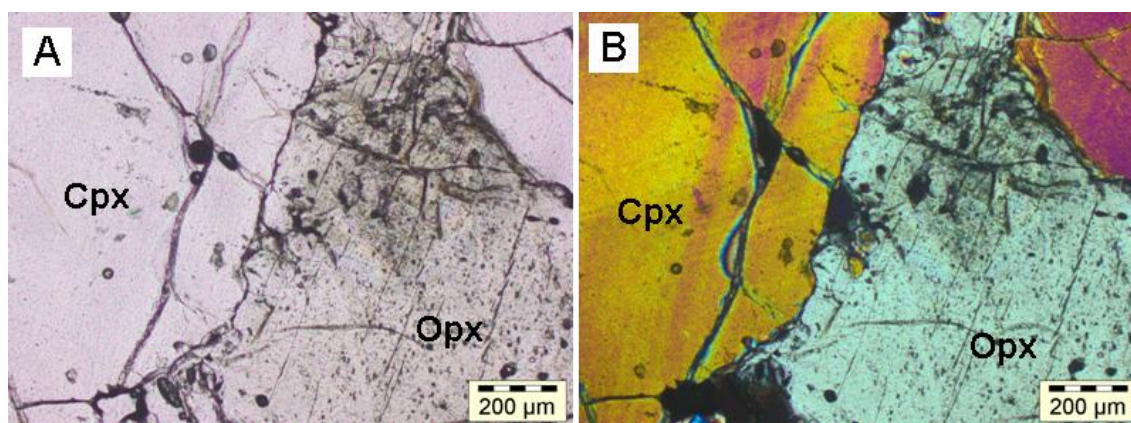


Figura 1. Cristales de ortopiroxeno (Opx) y clinopiroxeno (Cpx) bajo nícoles paralelos (A) y cruzados (B). Observa la diferencia en los colores de anisotropía entre el ortopiroxeno (colores grises de primer orden) y aquellos del clinopiroxeno (colores altos, amarillos, anaranjados).

Ortopiroxenos: serie enstatita-ferrosilita, $(\text{Mg, Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$

Propiedades ópticas (Fig. 2)

Hábito: prismático, con secciones basales generalmente de 4 lados.

Color: generalmente incoloro, tonos más pardos para las variedades más férricas.

Pleocroísmo: no presenta o inapreciable.

Relieve: alto.

Exfoliación: característica en dos direcciones que se cortan a aproximadamente 90° en secciones basales, y en una única dirección en secciones longitudinales.

Extinción: recta.

Birrefringencia: baja-media, son típicos los colores grises o amarillos de primer orden.

Carácter óptico: biáxico (+).

Propiedades diagnóstico: hábito prismático, colores grises o amarillos de primer orden, extinción recta.

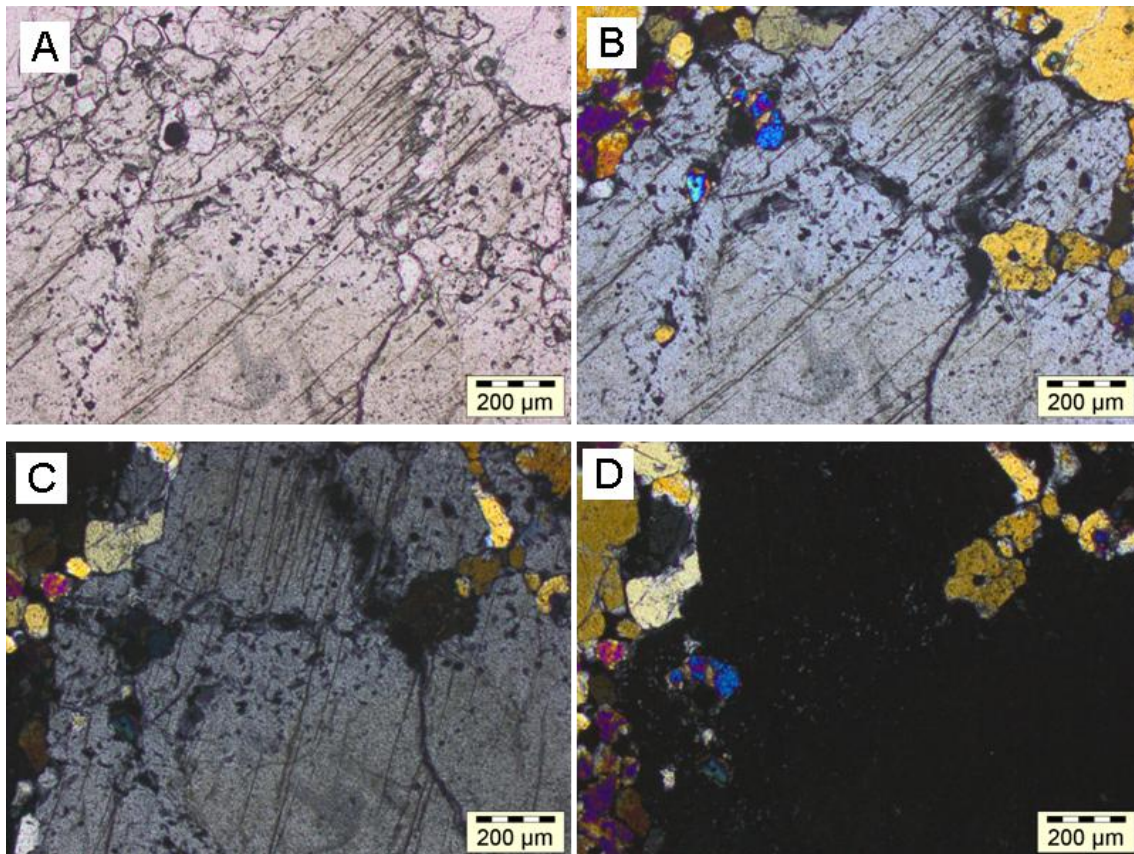


Figura 2. Ortopyroxeno con nícoles paralelos (A) y cruzados (B). Las fotos C y D son también imágenes del mismo ortopyroxeno bajo nícoles cruzados después de girar la platina hasta alcanzar la extinción completa. Observa que el ortopyroxeno presenta extinción recta.

Clinopyroxenos: serie diopsido-hedenbergita, $\text{Ca (Mg, Fe) Si}_2\text{O}_6$

Propiedades ópticas (Fig. 3)

Forma-hábito: generalmente en forma de primas cortos y gruesos, paralelos al eje "c" del cristal. También en agregados granulares y como cristales anhedrales.

Color: incoloro, verde muy pálido. Ocasionalmente, pardo.

Pleocroísmo: no, solo las variedades ricas en Fe pueden ser débilmente pleocrómicas.

Relieve: alto.

Exfoliación: en secciones basales, dos direcciones formando ángulos de entre 93 y 87°. Las secciones longitudinales sólo disponen de una única familia de líneas de exfoliación.

Extinción: oblicua, con un ángulo de extinción de entre 39 y 47°.

Birrefringencia: alta (colores de 2º orden: rosas, amarillos, azules, verdes).

Carácter óptico: biáxico (+).

Otras características: puede presentar maclas en sable., se altera a clorita y anfíbol en forma de parches en el interior del cristal, y también a lo largo de bordes de grano.

Propiedades diagnóstico: exfoliación, colores de interferencia, macla en sable.

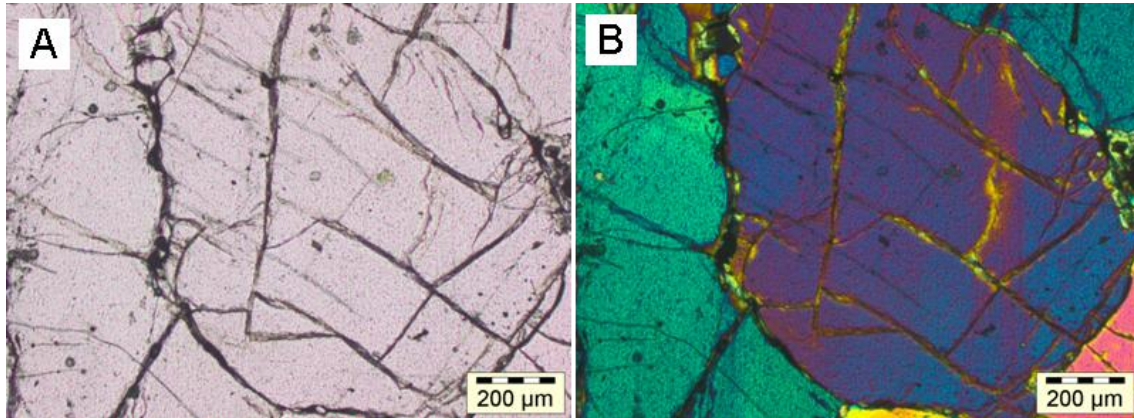


Figura 3. Cristal subredondeado de diópsido-hedenbergita bajo nícoles paralelos (A) y cruzados (B).

Clinopiroxenos: augita egirínica, (Na, Ca) (Fe³⁺, Fe²⁺, Mg) Si₂O₆

Propiedades ópticas (Fig. 4)

Forma-hábito: prismático, a veces cristales acabados en punta.

Color: de verde pálido a verde oscuro, verde amarillento. Son frecuentes los zonados de colores, con tonos más verdes hacia los bordes del cristal debido al mayor contenido en Na.

Pleocroismo: débil, aunque generalmente apreciable en tonos verdes.

Relieve: alto

Exfoliación: en secciones basales, dos direcciones formando ángulos de entre 93 y 87°. Las secciones longitudinales sólo disponen de una única familia de líneas de exfoliación.

Extinción: oblicua.

Birrefringencia: alta (colores de 2º orden: rosas, amarillos, azules, verdes), aunque a menudo enmascarado por el color natural del cristal.

Carácter óptico: biáxico (+) o (-).

Propiedades diagnóstico: exfoliación, colores de interferencia, zonado de color (más verde hacia los bordes).

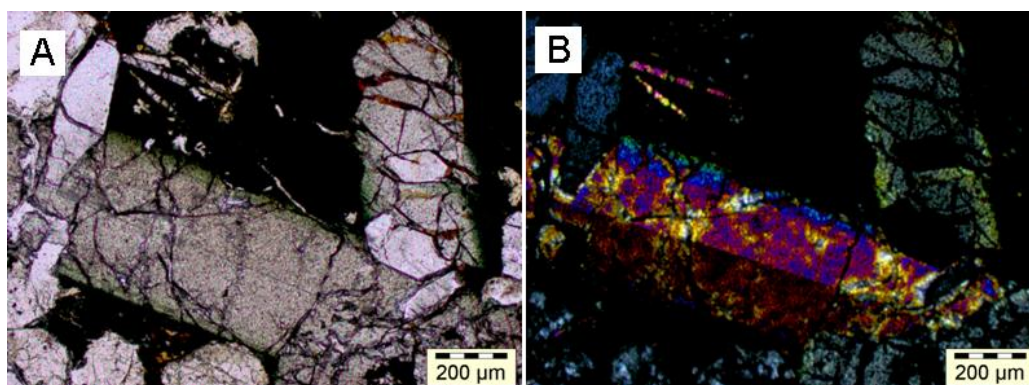


Figura 4. Augita egirínica bajo nícoles paralelos (A) y cruzados (B). Observa los bordes de color más verde en A, así como los elevados colores de interferencia en B.

La augita se puede confundir con el diopsido, pero éste último suele aparecer en rocas metamórficas, mientras que la augita es típica de rocas ígneas básicas y ultrabásicas. También, puede confundirse con los ortopiroxenos, de los que se distingue por la extinción oblicua, y con el olivino. De éste último se diferencia porque el olivino no presenta exfoliación ni maclado, generalmente aparece fracturado y su birrefringencia es mayor.

GRUPO DE LOS ANFÍBOLES

Al igual que los piroxenos, los anfíboles se pueden dividir en dos grandes grupos: ortoanfíboles, o anfíboles rómbicos, y clinofanfíboles, o anfíboles monoclinicos. Los ortoanfíboles están asociados a ambientes genéticos muy limitados, por lo que en estas prácticas se van a estudiar solamente los clinofanfíboles.

Tremolita-actinolita, $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Propiedades de visu

Hábito: generalmente en forma de cristales prismáticos, alargados. También en agregados columnares o fibrosos. En el caso de la tremolita son comunes las fibras sedosas.

Color: blanco en el caso de la tremolita pura, los términos actinolíticos son verdes, más o menos oscuros. Se considera actinolita aquellos términos con más de un 2% de hierro.

Brillo: vítreo.

Dureza: 5-6.

Densidad: 3-3,3 g/cm³.

Exfoliación o fractura: exfoliación perfecta según el prisma vertical.

Propiedades diagnóstico: hábito prismático, exfoliación, colores verdosos oscuros.

Propiedades ópticas

Forma-hábito: prismático con secciones basales bien desarrolladas. A veces en cristales fibrosos.

Color: de incoloro (tremolita) a verde pálido (actinolita).

Pleocroismo: nulo en la tremolita, en tonos verdes en los miembros más ricos en Fe (actinolita).

Relieve: de moderado a alto, aumenta con el contenido en Fe.

Exfoliación: en secciones basales es característica en dos direcciones, formando ángulos de 56 o 124°. Las secciones longitudinales presentan una única familia de líneas de exfoliación.

Extinción: oblicua, generalmente de bajo ángulo (entre 11 y 17°).

Birrefringencia: media-alta.

Carácter óptico: biáxico (-).

Maclas: son frecuentes las maclas simples.

Propiedades diagnóstico: pleocroismo en tonos verdes, hábito prismático-fibroso, birrefringencia media-alta, extinción oblicua de bajo ángulo, dos familias de líneas de exfoliación que se cortan a aproximadamente 120° en secciones basales. Puede ser difícil de diferenciar de la hornblenda, pero esta tiene generalmente color y pleocroismo verde mucho más acusado que la tremolita-actinolita. Además, la hornblenda tiene un ángulo de extinción algo mayor.

Hornblenda, $(\text{Na, K})_{0-1} \text{Ca}_2 (\text{Mg, Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_5 \text{Si}_{6-7.5} \text{Al}_{2-0.5} \text{O}_{22} (\text{OH})_2$ (Fig. 6)

Propiedades de visu

Hábito: prismáticos. Las secciones basales son pseudohehexagonales, mientras que las longitudinales son prismáticas alargadas. En ocasiones también aciculares o fibrosas en agregados paralelos.

Color: verde oscuro o negro.

Brillo: vítreo.

Dureza: 5-6.

Densidad: 3-3,4 g/cm³.

Exfoliación o fractura: exfoliación perfecta según el prisma vertical.

Propiedades diagnóstico: hábito prismático, secciones basales pseudohehexagonales, exfoliación, colores verdosos oscuros.

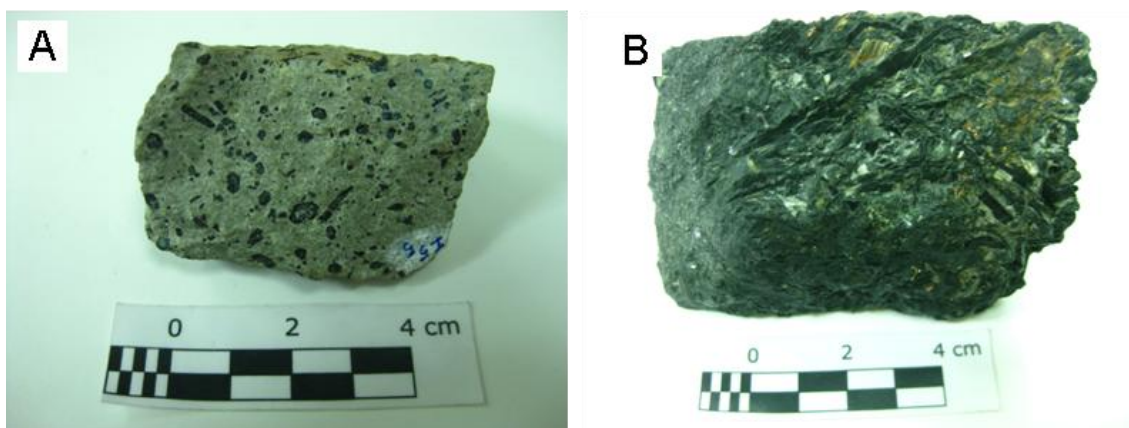


Figura 6. A. Cristales de hornblenda en roca volcánica. Observa como existen tanto secciones basales pseudohehexagonales como longitudinales prismáticas alargadas. B. Hornblendas de color verde oscuro.

Propiedades ópticas (Fig. 7)

Forma-hábito: prismático con secciones longitudinales bien desarrolladas. Las secciones basales son pseudohehexagonales.

Color: típicamente verde, en ocasiones también marrón.

Pleocroismo: intensos en tonos verdes o pardos.

Relieve: de moderado a alto, aumenta con el contenido en Fe.

Exfoliación: en secciones basales es característica en dos direcciones, formando ángulos de 56 o 124°. Las secciones longitudinales presentan una única familia de líneas de exfoliación.

Extinción: oblicua., generalmente de bajo ángulo (entre 15 y 27°).

Birrefringencia: media.

Carácter óptico: biáxico (-).

Maclas: son frecuentes las maclas simples en secciones basales.

Propiedades diagnóstico: pleocroismo intenso en tonos verdes, hábito prismático, secciones basales pseudoheptagonales, dos familias de líneas de exfoliación que se cortan a aproximadamente 120° en secciones basales.

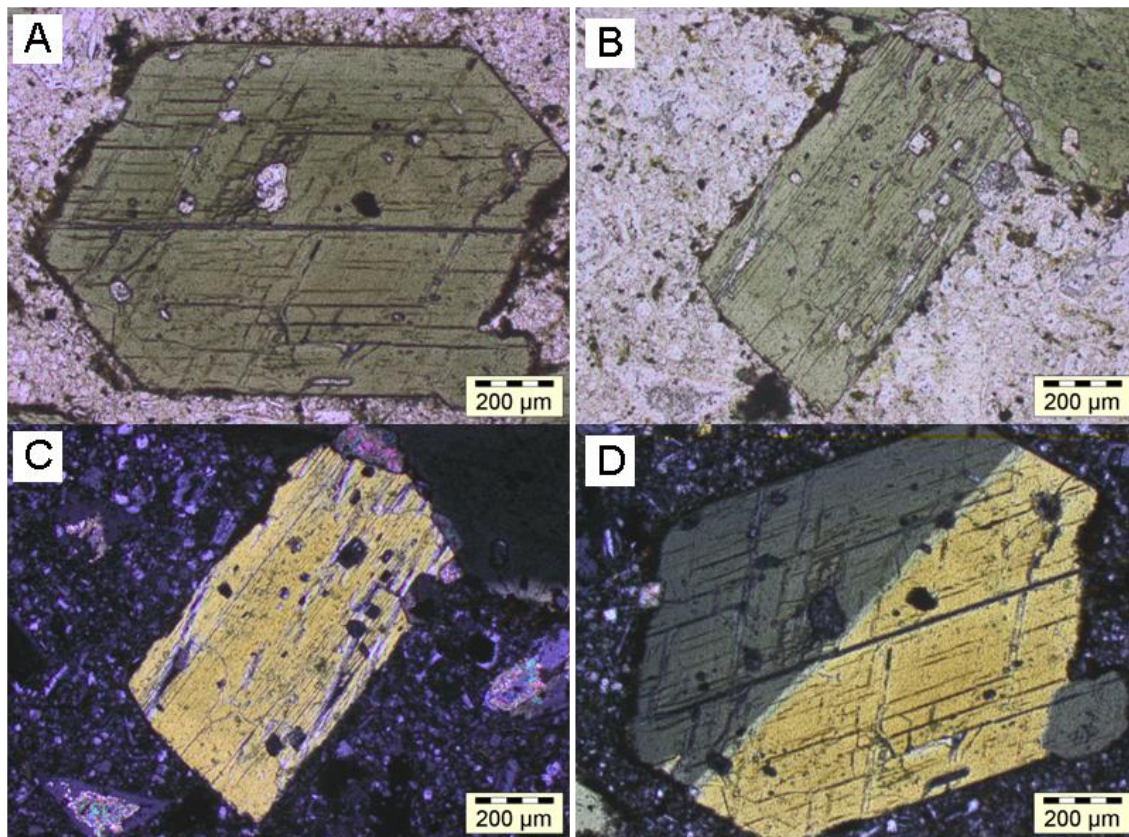


Figura 7. A. Sección basal pseudoheptagonal de hornblenda: B. Sección longitudinal de hornblenda. Observa que mientras que la sección basal tiene dos sistemas de líneas de exfoliación, la sección longitudinal tiene únicamente un sistema. C. Colores de interferencia característicos de la hornblenda. D. Macla simple en sección basal de hornblenda.

GRUPO DE LOS PIROXENOIDES

El único piroxinoide que se estudiará será la wollastonita, por su importancia en el metamorfismo de rocas carbonatadas. Únicamente se verán muestras de mano.

Wollastonita, CaSiO_3 (Fig. 8)

Propiedades de visu

Hábito: los cristales aislados son raros. Generalmente en masas fibrosas, aciculares o radiadas.

Color: blanco.

Brillo: vítreo, pero puede ser sedoso cuando es fibroso o perlado en las superficies de exfoliación.

Dureza: 5-5,5.

Densidad: 2,8 a 3,1 g/cm^3 .

Exfoliación o fractura: exfoliación perfecta según $\{100\}$ y buena según $\{001\}$.

Propiedades diagnóstico: hábito en masas aciculares-radiadas, color blanco. En ocasiones es difícil de diferenciar de la tremolita ya que ambos minerales presentan color blanco y hábitos aciculares.



Figura 8. Sección basal de cordierita con nicoles paralelos (A) y nicoles cruzados (B). Observa en B el buen desarrollo de la macla cíclica.

PRÁCTICA

El alumno debe reconocer los distintos inosilicatos en muestras de mano seleccionadas y estudiar las propiedades ópticas de ortopiroxenos (enstatita-ferrosilita), clinopiroxenos (diopsido-hedenbergita, augita) y anfíboles (actinolita-tremolita, hornblenda) en el microscopio óptico de luz transmitida. Para esto último se han preparado las siguientes láminas transparentes pulidas (Tabla 1).

INO 1	Ortopiroxeno, clinopiroxeno, olivino
INO 2	Ortopiroxeno, clinopiroxeno, plagioclasa
INO 4	Clinopiroxeno (augita egirínica), nefelina
INO 5	Hornblenda, plagioclasa
INO 6	Hornblenda, feldespato potásico, cuarzo
INO 7	Hornblenda, feldespato potásico, biotita
INO 8	Hornblenda, feldespato potásico
INO 9	Hornblenda, cuarzo
INO 10	Hornblenda, cuarzo, plagioclasa
INO 11	Hornblenda, plagioclasa, feldespato potásico
INO 12	Tremolita-actinolita, clorita
INO 13	Hornblenda, plagioclasa

Tabla 1. Colección de láminas transparentes pulidas con la asociación de silicatos presente.

Para la realización de la práctica, el alumno puede emplear la siguiente tabla para describir las propiedades ópticas que observa en cada mineral:

<i>Nº Lámina:</i>	MINERAL I	MINERAL II	MINERAL III
FORMA			
HÁBITO			
COLOR			
PLEOCROISMO			
RELIEVE			
LÍNEAS DE EXFOLIACIÓN			
LÍNEAS DE FRACTURA			
ISÓTROPO O ANISÓTROPO			
BIRREFRINGENCIA			
EXTINCIÓN			
MACLADO			

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Berry, L. G., Mason, B. y Dietrich, R. V. 1993. *Mineralogy*. W. H. Freeman & Co., San Francisco.

- Bloss, F. D. 1994. *Crystallography and Crystal Chemistry*. Mineralogical Soc America. Washington DC.
- Ehlers, E. G. y Blatt, H. 1982. *Petrology. Igneous, sedimentary and metamorphic*. WH Freeman. San Francisco.
- Frye, K. 1993. *Mineral science: an introductory survey*. Macmillan Publ Co. New York.
- Gill, R. 1989. *Chemical Fundamentals of Geology*. Chapman & Hall. London.
- Gribble, C. D. y Hall, A. J. 1992. *Optical Mineralogy: Principles and practice*. UCL Press Limited. London.
- Jaffe, H. W. 1989. *Introduction to Crystal Chemistry*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Klein, C. 1989. *Minerals and rocks: exercises in Crystallography, Mineralogy, and hand specimen petrology*. John Wiley & Sons. New York.
- Klein, C. y Hurlbut, C. S. 1997. *Manual de Mineralogía (4ª edición)*. Reverté, Barcelona.
- Mackenzie, W. S. y Adams, A. E. 1997. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. Masson. 239 p.
- Perkins, D. y Henke, K. R. 2000. *Minerales en lámina delgada*. Prentice Hall. 139 p.
- Putnis, A. 1992. *Introduction to Mineral Sciences*. Cambridge University Press. Cambridge.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

Óptica mineral de Juan Jiménez Millán del Dpto. de Geología de la Universidad de Jaén y Nicolás Velilla del Dpto. de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Oviedo.
Fecha de consulta: octubre 2011. Disponible en:
<http://geologia.ujaen.es/opticamineral/paginas/default.htm>

WebMineral

<http://webmineral.brgm.fr:8003/mineraux/Main.html>

Recibido: 16 enero 2012.

Aceptado: 10 diciembre 2014.