



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO MINERALOGÍA ÓPTICA Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ingeniero en Geociencias
Plan 21
Junio de 2025
Primera



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la
Secretaría General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	4
IDENTIFICACIÓN	6
<i>Carga Horaria del alumno</i>	6
<i>Consignación del Documento</i>	6
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	7
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	8
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	8
<i>Reglamento de uniforme</i>	8
<i>Uso adecuado del equipo y materiales</i>	8
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos</i>	8
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	9
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA	10
PRÁCTICAS	13
FUENTES DE INFORMACIÓN	37
ANEXOS	38

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se realizan manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

- **Propósito del manual:** Es proporcionar una guía didáctica y estructurada para el desarrollo de competencias en la identificación de minerales mediante técnicas de microscopía en luz transmitida, en correspondencia con la secuencia didáctica de Mineralogía Óptica de la Universidad Estatal de Sonora. A través de este documento, los estudiantes comprenderán los fundamentos teóricos relacionados con las propiedades ópticas de los minerales, aplicarán metodologías de identificación mineralógica empleando microscopio petrográfico, desarrollarán habilidades de observación y registro sistemático, relacionando la información mineralógica con ambientes geológicos reales y fomentarán una actitud crítica y reflexiva, que les permita elegir metodologías apropiadas y comunicar resultados de forma clara.
- **Justificación de su uso en el programa académico:** El manual de laboratorio de mineralogía óptica es una herramienta fundamental en la formación de los estudiantes de Ingeniero en Geociencias, ya que permite desarrollar competencias clave en la identificación y análisis de minerales mediante microscopía en luz polarizada. Su uso facilita la comprensión de las propiedades ópticas de los minerales, esenciales para interpretar procesos geológicos y caracterizar rocas en contextos tanto académicos como profesionales. Además, fortalece la aplicación del conocimiento en áreas como exploración minera, petrología, geoquímica y geotecnia, alineándose con los objetivos del perfil de egreso del programa educativo.

- **Competencias a desarrollar:**
 - **Competencias blandas:** Trabajo en equipo, comunicación efectiva, pensamiento crítico, responsabilidad, ética profesional y gestión de tiempo.
 - **Competencias disciplinares:** Identificación óptica de minerales, análisis de texturas mineralógicas, aplicación de principios de mineralogía física y óptica, registro y sistematización de datos geológicos.
 - **Competencias profesionales:** Interpretación de ambientes geológicos a partir de la mineralogía, apoyo en estudios de exploración y caracterización de materiales geológicos, uso técnico del microscopio petrográfico y vinculación teórico-práctico en geociencias aplicada.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Mineralogía Óptica	
Clave	052CP035	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	Mineralogía 052CP034	Plan de Estudios	21

Área de Competencia	Competencia del curso
Analizar los procesos de exploración, explotación y beneficio de los minerales, para contribuir a la toma de decisiones ética y responsable y a la resolución estratégica de las problemáticas de la industria minera conforme a la normatividad vigente y a los contextos económicos, ambientales y sociales.	Analizar las propiedades ópticas de los minerales utilizando las propiedades de propagación de la luz y la tecnología óptica del microscopio petrográfico de luz polarizada transmitida para identificar con iniciativa y pensamiento estratégico, la especie mineral en el laboratorio de petrografía.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
2	3	1	0	6

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	Junio de 2025
Responsables del diseño	María Fernanda Solis Limón Gonzalo de Jesús Ibarra Dessens
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

El conjunto de prácticas contenidas en el manual de Mineralogía Óptica está diseñado para desarrollar habilidades analíticas, técnicas y de observación detallada, fundamentales para el quehacer profesional del Ingeniero en Geociencias. A continuación, se relacionan dichas prácticas con las competencias establecidas en el perfil de egreso:

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
El conocimiento y la práctica sistemática de la mineralogía óptica brindan al futuro Ingeniero en Geociencias una herramienta analítica esencial para la exploración, evaluación y aprovechamiento de los recursos minerales, desde una perspectiva integral que vincula la geología, la ingeniería minera y la metalurgia. Además, fortalece su capacidad para participar activamente en la toma de decisiones técnicas, económicas y ambientales dentro de la industria extractiva y en proyectos de desarrollo sustentable.	Efectuar estudios geológicos enfocados a la búsqueda de recursos minerales de interés económico, aplicando las técnicas de exploración geológica directa e indirecta, con responsabilidad y pensamiento estratégico que contribuyan a la definición del modelo geológico y evaluación del potencial económico de yacimientos minerales, implementando la logística y metodología pertinentes de exploración.

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio de Mineralogía, Petrología, Petrografía y Paleontología

1. Para utilizar las instalaciones y equipos del laboratorio, el usuario deberá solicitarlo al responsable.
2. En ningún caso, los alumnos llevarán a cabo en este laboratorio sus actividades académicas sin la presencia de un maestro.
3. Se prohíbe el uso de las instalaciones y equipos del laboratorio a quienes no estén debidamente capacitados para operarlo.
4. Los alumnos permanecerán en el laboratorio solo el tiempo programado para realizar sus actividades.
5. Prohibido utilizar o almacenar líquidos inflamables dentro del laboratorio.
6. Prohibido introducir alimentos y bebidas, fumar o usar cualquier tipo de drogas en este recinto.
7. Al término de cada actividad, el profesor responsable de dicha actividad se asegurará de que los materiales y equipos utilizados estén en buenas condiciones, sin daños, y que el área de trabajo quede limpia y segura y el mobiliario acomodado en su respectivo lugar.
8. En caso de daño a los materiales, minerales, fósiles, láminas delgadas, microscopios, rocas, mobiliario y/o equipo electrónico, el usuario deberá pagarlos (o remplazarlos) a la brevedad.
9. Se sancionará a la (s) persona (s) que, por sus actitudes perniciosas, pongan en riesgo o dañen la integridad física y moral de sus compañeros, o dañen instalaciones o equipos, basado en los reglamentos internos correspondientes de esta universidad y el presente reglamento.
10. Los usuarios del laboratorio están obligados a observar orden y disciplina dentro de las instalaciones del laboratorio; así mismo respetar y no sustraer o robar muestras, insumos o equipos de dichas instalaciones, salvo severas sanciones.
11. Cada usuario, antes de iniciar o continuar una actividad en el laboratorio, deberá llenar la bitácora de uso de instalaciones, equipos, máquina y/o consumibles del laboratorio.

Reglamento de uniforme

No aplica

Uso adecuado del equipo y materiales

- Durante la práctica de mineralogía óptica, es fundamental utilizar el microscopio petrográfico con cuidado, manipulando cuidadosamente los controles de enfoque, (objetivos), platina y polarizadores para evitar daños.
- Las láminas delgadas deben manejarse por los bordes, evitando rayarlas o ensuciarlas. Se recomienda limpiar lentes y superficies ópticas solo brochas especiales, cotonetes y líquidos autorizados para la limpieza.
- Todos los materiales deben colocarse en orden sobre la mesa de trabajo y devolverse en buen estado al finalizar la sesión.
- El cuidado por el equipo garantiza su funcionamiento óptimo y la seguridad de todos los usuarios.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

No aplica

Procedimientos en caso de emergencia

- En caso de una emergencia dentro del laboratorio (como incendio, corto circuito o accidente), se debe conservar la calma y notificar de inmediato al docente o responsable del laboratorio.
- Si es necesario evacuar de forma ordenada, se deben seguir las rutas de salida señaladas sin correr ni empujar hasta los puntos de reunión.
- En caso de lesiones, no mover al accidentado y esperar la atención del personal capacitado.
- El uso de extintores o botiquín solo debe hacerse por personas autorizadas y capacitadas.
- Es obligatorio conocer la ubicación de salidas de emergencia, extintores y teléfonos de contacto para primeros auxilios.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de competencia I Relacionar los atributos de los componentes mecánicos y ópticos del microscopio petrográfico con las propiedades electromagnéticas de la luz, mediante el pensamiento estratégico e iniciativa, para identificación de minerales en láminas delgadas en el laboratorio de petrografía.
--	--

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Identificar los componentes y utilizar los controles del microscopio petrográfico.	Identificar los componentes y utilizar los controles del microscopio petrográfico para ajustar correctamente la imagen, realizar observaciones precisas de minerales en lámina delgada, con base en las indicaciones del facilitador y el uso adecuado del equipo, dentro del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando la responsabilidad y la atención al detalle.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de competencia II Analizar las propiedades ópticas de los minerales no opacos utilizando las propiedades de propagación de la luz y la tecnología óptica del microscopio petrográfico de luz polarizada transmitida para identificar con iniciativa y pensamiento estratégico, la especie de mineral en el laboratorio de petrografía.
--	---

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 2	Identificar las propiedades de los minerales no opacos con luz polarizada plana (PPL): color, pleocroísmo, relieve, línea de Becke e índice de refracción.	Identificar las propiedades ópticas de los minerales no opacos en luz polarizada plana (PPL) para reconocer sus características diagnósticas y facilitar su clasificación mineralógica, con el uso adecuado del microscopio petrográfico y bajo la supervisión del facilitador, en el contexto del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando la observación detallada, la disciplina y el pensamiento

		analítico.
Práctica No. 3	Identificar las propiedades de los minerales no opacos con luz ortoscópica y nícoles cruzados (XPL): color de interferencia, valor de birrefringencia, ángulos de extinción y signo de elongación.	Identificar las propiedades ópticas de los minerales no opacos utilizando luz ortoscópica con nícoles cruzados (XPL) para describir sus características distintivas y contribuir a su correcta clasificación mineralógica, con base en el manejo adecuado del microscopio petrográfico y bajo las indicaciones del facilitador, en el contexto del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando el pensamiento crítico, la precisión y la perseverancia en el análisis científico.
Práctica No. 4	Uso de la luz conosκόptica: figuras de interferencia y signos ópticos	Aplicar la técnica de luz conosκόptica en el microscopio petrográfico para identificar el carácter óptico uniaxial o biaxial de los minerales y analizar figuras de interferencia, para determinar su signo óptico siguiendo el procedimiento establecido y con el uso adecuado del equipo óptico, en el contexto del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando la concentración y la capacidad de análisis.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	Elemento de competencia III
	Analizar las propiedades ópticas de los minerales más comunes haciendo énfasis en los citados en la Serie de Reacción de Bowen utilizando las propiedades de propagación de la luz y la tecnología óptica del microscopio petrográfico para identificar con iniciativa y pensamiento estratégico, la especie de mineral en el laboratorio de petrografía.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 5	Identificar los minerales de la serie de Reacción de Bowen: olivino, piroxeno, anfíboles, micas, serie de las plagioclasas, feldespatos, cuarzo.	Identificar los minerales representativos de la serie de Reacción de Bowen, para reconocer sus propiedades ópticas en lámina delgada, bajo la orientación del facilitador y utilizando el microscopio

		petrográfico en condiciones de laboratorio controladas, en el contexto del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando el pensamiento sistemático, la disciplina y la capacidad de correlación teórico-práctica.
--	--	---



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	No. 1.- Identificar los componentes y utilizar los controles del microscopio petrográfico
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar y utilizar los controles del microscopio petrográfico para ajustar correctamente la imagen y realizar observaciones precisas de minerales en lámina delgada, con base en las indicaciones del facilitador y el uso adecuado del equipo, dentro del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando la responsabilidad y la atención al detalle.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Una de las herramientas más valiosas para la descripción microscópica de las rocas mediante láminas delgadas es el microscopio petrográfico. Este instrumento ha sido diseñado específicamente para revelar las características internas de los minerales que no pueden observarse a simple vista, lo que lo convierte en un recurso esencial en disciplinas como la petrografía, la geología estructural y la exploración minera. El microscopio petrográfico está compuesto por diversos elementos clave: una fuente de luz ubicada en la base, un condensador, una platina giratoria con graduación, sistemas de lentes objetivas y oculares, un polarizador (situado por debajo de la muestra), un analizador (colocado sobre el ocular) y accesorios como la lente de Bertrand, utilizada para observaciones conosópicas. Cada componente cumple una función específica que permite controlar la iluminación, el enfoque, la dirección de la luz y la orientación de la muestra. El microscopio petrográfico opera con dos modos principales de observación: • <i>Luz polarizada plana (PPL)</i>: permite observar características como el color, el relieve, el pleocroísmo, forma y el hábito cristalino, crucero y sus direcciones. • <i>Luz polarizada cruzada (XPL)</i>: facilita la visualización de fenómenos como la birrefringencia, colores de interferencia, extinción, elongación y signo óptico, características diagnósticas para la clasificación mineral. Principios científicos involucrados El funcionamiento del microscopio petrográfico se basa en principios de la física óptica, particularmente en la polarización de la luz. Al atravesar un mineral anisótropo, la luz se divide en dos rayos que se propagan con diferentes velocidades y direcciones, generando fenómenos como la birrefringencia. Estos efectos ópticos permiten distinguir entre distintos minerales según sus propiedades cristalográficas. Nesse, W. D. (2012). La precisión del análisis depende directamente de un correcto ajuste y manejo de los componentes del microscopio. Una alineación adecuada de la platina, los polarizadores y los objetivos garantiza observaciones confiables, mientras que el cuidado en la manipulación del equipo evita daños costosos y asegura resultados óptimos en el estudio de las láminas delgadas.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

1. Microscopio petrográfico
2. Láminas delgadas de minerales no opacos
3. Ficha técnica de propiedades ópticas de minerales formadores de roca

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Esta práctica tiene como objetivo que el estudiante se familiarice con los componentes del microscopio petrográfico y aprenda a utilizar correctamente sus controles, con el fin de obtener imágenes nítidas y realizar observaciones básicas de minerales en lámina delgada.

Introducción guiada

- a. Escucha la explicación del facilitador sobre los componentes del microscopio petrográfico: base, fuente de luz, platina rotatoria, objetivos, oculares, polarizador, analizador, lente de Bertrand y sistema de enfoque.
- b. Revisa el diagrama del microscopio para ubicar visualmente cada componente.

Identificación de componentes

- c. Coloca el microscopio sobre una superficie firme y nivelada.
- d. Compara diagramas de microscopios con el modelo de microscopio disponible en el laboratorio.
- e. Identifica cada uno de sus componentes en el equipo real.
- f. Toma fotografías del microscopio desde diferentes ángulos, enfocándose en los elementos principales.
- g. Compara las imágenes con el diagrama y señala las coincidencias o diferencias.
- h. Realiza las anotaciones en tu cuaderno de laboratorio sobre la función de cada componente identificado.

Finalización

- i. Apaga correctamente el microscopio, bajando a cero el regulador de la luz y desconéctalo de la fuente eléctrica
- j. Cubre el equipo con su funda para protegerlo del polvo.
- k. Investiga brevemente la función de cada componente del microscopio petrográfico.
- l. Elabora el reporte final, incluyendo: fotografías del microscopio utilizado, identificación y descripción de sus componentes y una breve explicación de su función.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Identificación correcta de los principales componentes del microscopio petrográfico.
- Uso adecuado y cuidadoso de los controles del microscopio para obtener imágenes nítidas.
- Obtención de fotografías claras y bien enfocadas del microscopio y sus partes.

- Registro completo y ordenado de anotaciones sobre funciones y diferencias entre el microscopio real y el diagrama.
- Limpieza y resguardo correcto del equipo al finalizar la práctica.
- Elaboración y entrega puntual del reporte final con descripción y fotografías del microscopio.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La correcta identificación y manejo del microscopio petrográfico demuestra la comprensión del estudiante sobre los componentes y su función, así como la habilidad para manipular el equipo adecuadamente. El análisis de las imágenes y anotaciones permite evaluar la precisión en el reconocimiento de partes y el uso responsable del instrumento.

1. ¿Pudiste identificar correctamente todos los componentes principales del microscopio petrográfico? ¿Cuáles te resultaron más fáciles o difíciles de reconocer?
2. ¿Cómo influyó el ajuste de los controles en la calidad de la imagen obtenida?
3. ¿Qué dificultades encontraste al enfocar o centrar la lámina delgada y cómo las solucionaste?
4. ¿Tus anotaciones reflejan con claridad las funciones de cada parte del microscopio?
5. ¿Aplicaste correctamente las precauciones para manipular y cuidar el equipo?
6. ¿De qué manera consideras que esta práctica contribuye a tu formación profesional en geociencias?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica de identificación y uso de los controles del microscopio petrográfico permitió consolidar el conocimiento teórico sobre la estructura y funcionamiento de este instrumento fundamental en mineralogía óptica. A través de la manipulación directa del equipo, los estudiantes desarrollaron habilidades técnicas esenciales para obtener imágenes claras y precisas, lo que facilita la identificación y análisis detallado de minerales en láminas delgadas.

En el campo de las geociencias, la habilidad para operar el microscopio petrográfico de manera eficiente contribuye a la interpretación adecuada de muestras minerales, la elaboración de informes geológicos y la toma de decisiones en exploración y explotación de recursos naturales.

Además, esta práctica fortalece competencias blandas como la atención al detalle, la

responsabilidad y el cuidado del equipo, competencias indispensables para el trabajo profesional riguroso y ético.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Realizar la consulta sobre la identificación de los componentes del microscopio.
<http://edafologia.ugr.es/optmine/intro/microsc.htm>.
- Realizar el ejercicio ¿Por qué aprender sobre microscopios? 2.1.1
<https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/introduction/>

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Reporte de Práctica de Laboratorio • Trabajo escrito • Solución individual de ejercicios
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	• https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Reportedepracticadelaboratorio.pdf. • https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/16_Rubrica_Trabajo_Escrito.pdf. • https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/19_Rubrica_Solucion_individual_de_ejercicios.pdf.
Formatos de reporte de prácticas	El formato será indicado por el facilitador.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	No. 2.- Identificar las propiedades de los minerales no opacos con luz polarizada plana (PPL): color, pleocroísmo, relieve, línea de Becke y índice de refracción.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar las propiedades ópticas de los minerales no opacos en luz polarizada plana (PPL) para reconocer sus características diagnósticas y facilitar su clasificación mineralógica, con el uso adecuado del microscopio petrográfico y bajo la supervisión del facilitador, en el contexto del laboratorio de mineralología óptica, desarrollando la observación detallada, la disciplina y el pensamiento analítico.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Propiedades del mineral en Luz Polarizada Plana (PPL) e Iluminación Ortoscópica

Color

Bajo luz polarizada plana, los minerales exhiben distintos colores como resultado de la absorción selectiva de ciertas longitudes de onda del espectro visible. En los minerales ópticamente isótropos, como aquellos con sistema cristalino cúbico o fases vítreas, esta absorción ocurre de manera uniforme en todas las direcciones. En contraste, los minerales ópticamente anisótropos presentan una absorción que varía según la dirección cristalográfica y la orientación de la vibración de la luz, lo que puede generar variaciones de color dependiendo de cómo se encuentra dispuesto el mineral en la lámina delgada.

Pleocroísmo

El pleocroísmo se refiere a la capacidad de algunos minerales anisótropos para mostrar diferentes colores cuando se observa la misma muestra desde distintas direcciones bajo luz polarizada plana. Esta propiedad se debe a la absorción desigual de la luz dependiendo de su dirección de vibración. La presencia de pleocroísmo puede ser una herramienta diagnóstica importante para distinguir entre minerales con propiedades ópticas similares.

Relieve

El relieve corresponde a la manera en que un mineral se distingue del medio que lo rodea bajo el microscopio, particularmente con luz polarizada plana. Aunque varios granos puedan compartir color o transparencia, algunos se destacan más por efecto del contraste óptico, lo que se debe a las diferencias en el índice de refracción. Este contraste se manifiesta como un borde oscuro alrededor del grano, y su intensidad permite clasificar el relieve como bajo, medio o alto, lo cual resulta útil en la caracterización mineralógica.

Línea de Becke

La línea de Becke es un fenómeno óptico observable cuando se desenfoca ligeramente la imagen en la interfaz entre dos materiales con diferentes índices de refracción. Esta franja luminosa tiende a desplazarse hacia el material con mayor índice de refracción, debido a la forma en que la luz se desvía al cambiar de medio. Su observación permite determinar de forma cualitativa el índice de refracción relativo entre el mineral y el medio de montaje, facilitando así su identificación.

Índice de Refracción

Cuando la luz viaja en el vacío lo hace a su velocidad máxima, c . Al atravesar un material, la velocidad de la onda electromagnética disminuye, dependiendo de la densidad y la composición del medio. El índice de refracción (n) se define como la razón entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y su velocidad en el material (v), expresado como:

$$n = c / v$$

Dado que la luz siempre viaja más lenta en un medio que en el vacío, el índice de refracción es siempre mayor o igual a 1. Esta propiedad es fundamental para identificar minerales bajo el microscopio. (Johnson, E. A. et al., 2022).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

1. Microscopio petrográfico
2. Láminas delgadas de minerales no opacos
3. Ficha técnica de propiedades ópticas de minerales formadores de roca

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Esta práctica tiene como objetivo que el estudiante realice correctamente la identificación de propiedades ópticas de minerales en luz polarizada plana (PPL):

Preparación del equipo

1. Asegúrate de que el microscopio petrográfico esté limpio, correctamente ensamblado y conectado.
2. Coloca el polarizador en posición (luz polarizada plana) y asegúrate de que el analizador esté retirado o apagado.
3. Enciende la fuente de luz y ajusta la intensidad.
4. Centra la iluminación y ajusta el condensador para obtener una imagen clara y homogénea del campo visual.

Colocación y enfoque de la muestra

5. Selecciona una lámina delgada de minerales no opacos.
6. Colócala cuidadosamente (con el cubreobjeto hacia arriba) sobre la platina del microscopio y sujétala usando las pinzas.
7. Alinea la muestra con el objetivo de menor aumento (generalmente 4x o 10x).
8. Enfoca la imagen utilizando primero el tornillo macrométrico y luego el micrométrico para afinar los detalles.

Observación de propiedades ópticas en PPL

9. Color

- Observa el color del mineral bajo PPL.
- Anota si es incoloro o si presenta tonalidades características.
- Compara el color entre diferentes cristales de la misma especie, si están presentes.

10. Pleocroísmo

- Gira lentamente la platina 360° mientras observas un cristal.
- Si cambia de color o intensidad, el mineral presenta pleocroísmo.
- Registra los colores observados en las diferentes orientaciones.

11. Relieve

- Observa cómo se distinguen los bordes del grano respecto al medio circundante.
- Evalúa si el relieve es bajo, medio o alto, comparando con minerales adyacentes.
- Fíjate en el grosor de la línea oscura en los bordes del mineral.

12. Línea de Becke

- Cambia ligeramente el enfoque subiendo o bajando la platina. (Nota utilizar lente de mayor aumento).
- Observa hacia dónde se desplaza la línea brillante (línea de Becke) en el borde del mineral.
- Determina si el índice de refracción es mayor o menor que del mineral junto a él o el del medio de montaje (generalmente resina o bálsamo de Canadá).

13. Índice de refracción (estimado)

- A partir del comportamiento de la línea de Becke y el relieve observado, estima si el índice de refracción es:
- Mayor que el medio (línea se desplaza hacia el mineral al enfocar hacia abajo).
- Menor que el medio (línea se aleja del mineral al enfocar hacia abajo).

14. Registro de observaciones

- Anota en tu cuaderno o ficha los resultados obtenidos de cada propiedad.
- Dibuja esquemas si es necesario para ilustrar pleocroísmo o relieve.
- Si cuentas con cámara, toma fotografías para documentar casos representativos.

15. Repetición con otras muestras

- Repite los pasos anteriores con diferentes láminas delgadas y especies minerales.
- Compara las propiedades ópticas entre minerales para reforzar su identificación.

16. Finalización

- Baja la intensidad de luz para y apagar la fuente de luz del microscopio.
- Retira la lámina delgada con cuidado.
- Limpia los objetivos (con los materiales adecuados provistos por el docente para no rayar oculares u objetivos) y la platina si es necesario.
- Guarda el equipo según las indicaciones del laboratorio.

RESULTADOS ESPERADOS

Al realizar correctamente la práctica de identificación de propiedades ópticas de minerales en luz polarizada plana (PPL), se espera que el estudiante logre:

- Distinguir el color de los minerales observados.
- Reconocer el pleocroísmo.
- Evaluar el relieve óptico.
- Observar la línea de Becke.
- Estimar el índice de refracción relativo.
- Registrar e interpretar correctamente las observaciones en su ficha o reporte, utilizando vocabulario técnico apropiado.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Estas preguntas apoyan el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio:

1. ¿Qué color presenta el mineral bajo PPL? ¿Es constante en todos los cristales o varía según su orientación?
2. ¿El mineral presenta pleocroísmo? ¿Qué colores muestra al girar la platina?
3. ¿Cómo es el relieve del mineral en comparación con otros minerales de la misma lámina?
4. ¿La línea de Becke se mueve hacia el interior o el exterior del mineral al cambiar el enfoque?
5. ¿Qué indica la dirección de movimiento de la línea de Becke respecto al índice de refracción?
6. ¿Puedes establecer una relación entre el relieve observado y el índice de refracción estimado del mineral?
7. ¿Qué propiedades observadas te ayudaron más para reconocer el mineral? ¿Coinciden con lo descrito en tablas de identificación?
8. ¿Hubo alguna dificultad al observar alguna propiedad? ¿A qué se debió?
9. ¿Qué diferencias observaste entre minerales isotrópicos y anisotrópicos en PPL?
10. ¿Cómo se relacionan estas propiedades con la estructura cristalina y composición del mineral?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permitió al estudiante familiarizarse con el uso del microscopio petrográfico en luz polarizada plana (PPL) para identificar propiedades ópticas fundamentales de los minerales no opacos, como el color, pleocroísmo, relieve, línea de Becke e índice de refracción. Estas propiedades son indicadores clave para la caracterización de minerales en lámina delgada y constituyen una herramienta esencial en la petrografía óptica.

A través de la observación cuidadosa y sistemática, se comprendió que el color en PPL puede variar dependiendo de la orientación cristalográfica y que el pleocroísmo es exclusivo de minerales

anisótropos, siendo útil para su identificación. Asimismo, el relieve óptico permitió estimar diferencias en el índice de refracción entre minerales, reforzado por la observación de la línea de Becke, cuyo comportamiento es útil para determinar de manera cualitativa dicho índice.

Desde una perspectiva profesional, estas habilidades son de gran relevancia en diversas áreas de las ciencias de la Tierra. En geología económica, permiten reconocer minerales guía en rocas portadoras de recursos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Ejercicios de Relieve: <http://edafologia.ugr.es/optmine/ppl/rtest.htm>
2. Ejercicios de Índice de refracción: <https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/2-3-light-and-optics-part-2-refractive-index-polarized-light-birefringence/>
3. Ejercicio de Pleocroismo: <https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/2-6-properties-under-plane-polarized-light/>
4. Ejercicio de la Línea de Becke: <https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/2-6-properties-under-plane-polarized-light/>.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Solución individual de ejercicios • Reporte de practica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	• https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/19_Rubrica_Solucion_individual_de_ejercicios.pdf • https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/ReportedepRACTICAdeLaboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	El formato será indicado por el facilitador.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	No. 3.- Identificar las propiedades de los minerales no opacos con luz ortoscópica y nicoles cruzados (XPL): color de interferencia, valor de birrefringencia, ángulos de extinción y signo de elongación.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar las propiedades ópticas de los minerales no opacos utilizando luz ortoscópica con nicoles cruzados (XPL) para describir sus características distintivas y contribuir a su correcta clasificación mineralógica, con base en el manejo adecuado del microscopio petrográfico y bajo las indicaciones del facilitador, en el contexto del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando el pensamiento crítico, la precisión y la perseverancia en el análisis científico.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Propiedades ópticas de los minerales no opacos bajo luz ortoscópica y nicoles cruzados (XPL)

En el estudio de minerales mediante microscopía óptica en sección delgada, la observación bajo luz polarizada cruzada (XPL, por sus siglas en inglés) permite identificar una serie de propiedades ópticas fundamentales en minerales no opacos y anisótropos, esenciales para su clasificación y caracterización.

Color de interferencia

Cuando un mineral anisótropo es observado bajo nicoles cruzados, se pueden apreciar colores conocidos como colores de interferencia, los cuales son consecuencia directa de la birrefringencia del cristal. Este fenómeno óptico ocurre porque la luz que atraviesa el mineral se descompone en dos rayos que vibran en planos mutuamente perpendiculares y se propagan a distintas velocidades dentro del medio cristalino. Al salir del mineral, estas diferencias en velocidad generan un desfase entre los rayos, lo que produce interferencias que el observador percibe como una gama de colores específicos (Nesse, 2012).

Estos colores no se presentan al azar, sino que siguen patrones definidos según el grado de birrefringencia del mineral y el espesor de la lámina delgada. Para interpretarlos, se utiliza la escala cromática de Michel-Lévy, una herramienta que clasifica los colores de interferencia en diferentes órdenes y permite estimar visualmente la birrefringencia relativa del mineral en estudio (Dorronsoro et al., 1998).

Birrefringencia

La birrefringencia (Δn) es una propiedad óptica que expresa la diferencia entre los índices de refracción máximos y mínimos de un mineral anisótropo. El retardo de fase (Ret) entre las ondas se calcula mediante la fórmula:

Ret=e (n₁-n₂), donde e es el espesor de la muestra (comúnmente entre 20–30 µm), y n₁, n₂ son los índices de refracción (Klein & Dutrow, 2007). Utilizando la escala de Michel-Lévy, el color observado puede relacionarse con un valor específico de birrefringencia, lo que facilita la identificación del mineral.

Ángulo de extinción

Según Nesse (2012), el ángulo de extinción es el ángulo que forma una dirección cristalográfica del mineral (como su eje mayor o planos de exfoliación) con respecto a la posición de extinción óptica. Se mide rotando la platina del microscopio desde una posición de alineación con el polarizador hasta que el mineral se oscurece completamente, lo que indica que la vibración de la luz está alineada con los ejes ópticos del cristal.

Cuando la extinción ocurre al estar alineado el eje morfológico mayor del cristal con la dirección de vibración del polarizador, se dice que el mineral presenta extinción recta (0°). Si el ángulo es distinto, se clasifica como oblicua, y en algunos casos puede ser ondulatoria en minerales deformados (Klein & Dutrow, 2007).

Signo de elongación

El signo de elongación describe la relación entre la dirección de alargamiento morfológico del mineral y sus índices de refracción. Se determina mediante el uso de placas de compensación, como la placa de yeso o mica, que permiten observar el cambio en el color de interferencia:

- *Signo positivo*: el índice de refracción mayor coincide con la dirección de elongación. (Nota. La vibración del rayo lento del mineral coincide con la vibración del rayo lento de la placa accesoria)
- *Signo negativo*: el índice de refracción menor coincide con la elongación (Velilla-Sánchez, s.f.). (nota la vibración del rayo rápido del mineral coincide con la vibración del rayo lento de la placa accesoria).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

1. Microscopio petrográfico con polarizadores (nicoses cruzados)
2. Láminas delgadas de minerales no opacos (20–30 µm de espesor)
3. Placa de compensación (Yeso o mica o cuarzo-onda lenta)
4. Ficha de Laboratorio o cuaderno
5. Escala cromática de Michel-Lévy
6. Guía de identificación óptica de minerales

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Esta práctica tiene como objetivo que el estudiante realice correctamente las propiedades ópticas de los minerales no opacos bajo luz ortoscópica y nicoses cruzados (XPL):

Preparación del microscopio

- a. Verifica que el microscopio petrográfico esté limpio y en buen estado.

- b. Coloca la muestra (lámina delgada) en la platina del microscopio, (con el cubreobjeto hacia arriba).
- c. Ajusta la iluminación y enfoca correctamente con luz polarizada plana (PPL).
- d. Activa el analizador para trabajar con nícoles cruzados (XPL).

Observación del color de interferencia

- e. Elige un mineral.
- f. Llevar a extinción el mineral y rotarlo 45 grados.
- g. Observa el color que presenta el mineral bajo XPL.
- h. Anota el color observado y compáralo con la escala de Michel-Lévy.
- i. Clasifica el color dentro del orden correspondiente (primero, segundo, etc. y anota el retado correspondiente que se ubica al inferior de la tabla).
- j. inserta la placa accesoria de 1λ (530 nm) o $\frac{1}{4}$ de λ (147.3 nm), y observa en la tabla el nuevo color tomando en número del retardo en el inferior de la tabla.

Determinación del valor de birrefringencia

- k. Usa el espesor estándar de la lámina delgada (20–30 μm).
- l. Localiza el color de interferencia del mineral observado.
- m. Ubica ese color en la escala de Michel-Lévy según el espesor de la muestra.
- n. Registra el valor aproximado de birrefringencia obtenido, obtenido de la tabla en la parte superior.

Medición del ángulo de extinción

- o. Cambia a luz polarizada plana (retira el analizador).
- p. Gira la platina y alinea una dirección cristalográfica notable (como el eje mayor o una línea de exfoliación) con la retícula del ocular.
- q. Reactiva el analizador (XPL).
- r. Gira lentamente la platina hasta que el mineral se oscurezca por completo (posición de extinción).
- s. Mide el ángulo girado desde la posición inicial; ese es el ángulo de extinción.
- t. Si el ángulo es mayor de 45° , gíralo en sentido contrario y registra el menor valor.

Determinación del signo de elongación

- u. Localiza un mineral elongado o fibroso bajo XPL.
- v. Inserta la placa de compensación (mica o cuarzo).
- w. Observa el cambio de color que ocurre en las zonas más delgadas o borde del cristal:
- x. • Si el color se intensifica (aumenta el orden), el signo es positivo.
- y. • Si el color se debilita (disminuye el orden), el signo es negativo.
- z. Registra el signo de elongación observado.

RESULTADOS ESPERADOS

Al realizar correctamente la práctica de las propiedades ópticas de los minerales no opacos bajo luz ortoscópica y nícoles cruzados (XPL), se espera que el estudiante logre:

- Reconocer y describir correctamente los colores de interferencia presentes en distintos minerales bajo nícoles cruzados.
- Estimar de forma aproximada el valor de birrefringencia de los minerales observados, utilizando la escala de Michel-Lévy.
- Medir el ángulo de extinción y clasificarlo como recto, oblicuo o irregular o simétrico, según la orientación del cristal.
- Determinar correctamente el signo de elongación (positivo o negativo) en minerales anisótropos elongados, mediante el uso de una placa de compensación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante la interpretación de los datos obtenidos en la práctica, reflexiona y responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué colores de interferencia observaste en los distintos minerales? ¿A qué orden cromático corresponden según la escala de Michel-Lévy?
2. ¿Cuál fue el valor de birrefringencia calculado? ¿Es bajo, medio o alto? ¿Qué relación encuentras con la composición del mineral?
3. ¿Qué tipo de extinción presentan los minerales observados? ¿Existe relación entre la forma del cristal y el tipo de extinción?
4. ¿El signo de elongación concuerda con la morfología del mineral? ¿Cómo lo determinaste con la placa de compensación?
5. ¿Qué dificultades encontraste al realizar las observaciones y cómo las resolviste?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La observación de minerales no opacos bajo luz polarizada cruzada (XPL) permite identificar propiedades ópticas fundamentales como el color de interferencia, el valor de birrefringencia, el ángulo de extinción y el signo de elongación. Estas características están directamente relacionadas con la estructura interna y la anisotropía óptica de los minerales, y su análisis se sustenta en principios físicos como la doble refracción y la interferencia de ondas luminosas.

Durante la práctica se comprobó la utilidad de herramientas como la escala de Michel-Lévy y las placas de compensación para interpretar con mayor precisión las propiedades ópticas. Asimismo, se evidenció la importancia de una correcta preparación y manipulación del microscopio petrográfico para obtener resultados fiables.

En el campo profesional, estas técnicas resultan esenciales para la identificación de minerales en secciones delgadas, lo cual es clave en áreas como la petrología, la exploración minera, la geotecnia y la geoquímica. Un conocimiento sólido de las propiedades ópticas contribuye a la interpretación de ambientes geológicos, procesos formativos de las rocas y posibles aplicaciones económicas de los minerales.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Ejercicios de Color de interferencia. <http://edafologia.ugr.es/optmine/xplortos/cttindex.htm>
2. Ejercicio de Valor de birrefringencia. <https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/2-7-properties-under-cross-polarized-light/>
3. Ejercicio de Extinción de un mineral. <https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/2-7-properties-under-cross-polarized-light/>

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Solución individual de ejercicios • Reporte de practica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	• https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/19_Rubrica_Solucion_individual_de_ejercicios.pdf • https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Reportedepracticadelaboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	El formato será indicado por el facilitador

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	No. 4.- Uso de la luz conosκόptica: figuras de interferencia y signos ópticos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar la técnica de luz conosκόptica en el microscopio petrográfico para identificar el carácter óptico uniaxial o biaxial de los minerales y analizar figuras de interferencia, siguiendo el procedimiento establecido y con el uso adecuado del equipo óptico, en el contexto del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando la concentración y la capacidad de análisis.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Figuras de interferencia y signo óptico

La observación de las figuras de interferencia requiere el uso de visión conosκόptica en el microscopio petrográfico. Esta se obtiene configurando el equipo con polarizador y analizador cruzados a 90° , activando la iluminación convergente mediante el uso del condensador y colocando la lente de Bertrand en la trayectoria óptica y el objetivo de mayor aumento. Bajo estas condiciones, se forman patrones de interferencia complejos como resultado de la interacción de las ondas luminosas dentro del cristal, lo cual permite determinar propiedades ópticas específicas (Velilla-Sánchez, s.f.).

Las figuras de interferencia son fundamentales para:

- Identificar el tipo óptico del cristal, distinguiéndolo como uniáxico, biáxico o isótropo.
- Los cristales uniáxicos y biáxicos muestran figuras características que permiten su diferenciación.
- Los minerales isótropos (como los de sistema cúbico o vítreos) no presentan figura de interferencia.

Determinar la orientación del corte cristalino, ya que la figura observada varía según la forma en que fue tallada la lámina delgada. Esto permite deducir si se trata de un corte perpendicular, oblicuo o paralelo al eje óptico.

Medir el ángulo $2V$, en cristales biáxicos, mediante la observación del ángulo que forman los dos ejes ópticos en la figura de interferencia. Este parámetro es relevante para clasificar el comportamiento óptico del mineral.

Establecer el signo óptico (positivo o negativo) con la ayuda de placas compensadoras, que introducen una interferencia conocida sobre la figura. Dependiendo del patrón de colores resultante, se puede identificar si el signo del cristal es positivo (+) o negativo (-) (Dorronsoro, Linares & Martín, 1998).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

1. Microscopio petrográfico con sistema conoscópico (lente de Bertrand incluida)
2. Condensador con apertura ajustable para luz convergente
3. Polarizador y analizador (nicoses cruzados a 90°)
4. Láminas delgadas de minerales (espesor estándar de 20–30 μm)
5. Placa compensadora (de mica o cuarzo-onda lenta)
6. Escala y guía para interpretación de figuras conoscópicas
7. Cuaderno de registro de observaciones o formato de práctica

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Esta práctica tiene como objetivo que el estudiante determine correctamente la figura de interferencia y signo óptico de un mineral.

Preparación del microscopio y muestra

- a. Coloca la lente de Bertrand en la trayectoria óptica del microscopio para observar la figura conoscópica.
- b. Observa de la figura de interferencia
- c. Centra un cristal bien formado y transparente en el campo de visión.
- d. Enfoca cuidadosamente hasta observar la figura de interferencia.
- e. Identifica el tipo de figura observada:

Si es una cruz negra centrada con isocromas concéntricos → cristal uniáxico.

Si se observan curvas en forma de ojos o curvas isógiras → cristal biáxico.

Si no hay figura visible → mineral isotrópico.

Determinación del ángulo 2V (en cristales biáxicos)

- f. Observa la separación entre los dos centros oscuros (puntos melatos) de la figura biáxica.
- g. A mayor separación, mayor es el ángulo 2V; si están muy juntos, el 2V es pequeño.
- h. Registra si el ángulo 2V es grande, intermedio o pequeño, según lo observado.

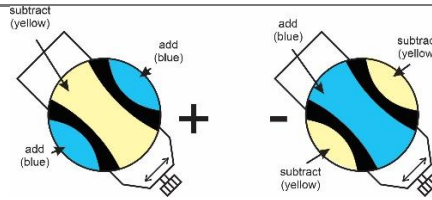
Determinación del signo óptico

- i. Inserta la placa compensadora en la trayectoria óptica.
- j. Observa el cambio de colores en los cuadrantes de la figura de interferencia uniáxica:

Si los cuadrantes 1 y 3 (superior izquierdo e inferior derecho) se tornan más cálidos (rojos/anaranjados) → signo positivo.

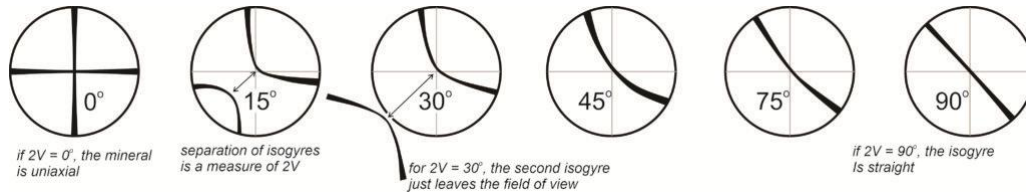
Si se tornan más fríos (azules/verdes) → signo negativo.

Para la figura de interferencia biáxica rotar la platina para colocar las isógiras en la posición de 135 grados



Posición de las isogiras a 135° de la bisectriz aguda

- k. Retira la placa y confirma la figura observada.
- l. Registra el tipo óptico del mineral, su ángulo 2V estimado y el signo óptico determinado.



Talla de la bisectriz aguda mostrando el ángulo 2V

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar esta práctica, el estudiante será capaz de:

- Observar correctamente las figuras de interferencia generadas en visión conoscópica.
- Diferenciar entre minerales uniáxicos, biáxicos e isótropos según la figura observada.
- Estimar de forma cualitativa el ángulo 2V en minerales biáxicos.
- Determinar el signo óptico (positivo o negativo) mediante el uso de placas compensadoras.
- Comprender la relación entre la orientación de corte del mineral y la figura de interferencia resultante.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante la interpretación de los datos obtenidos en la práctica, reflexiona y responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tipo de figura de interferencia observaste en el mineral analizado? ¿Corresponde a un comportamiento óptico uniáxico, biáxico o isótropo?
2. ¿Cómo influye la orientación del corte del mineral en la forma de la figura de interferencia?
3. ¿Pudiste estimar el ángulo 2V?

4. ¿Cuál fue el comportamiento del color en los cuadrantes al insertar la placa de compensación? ¿Qué signo óptico determinaste?
5. ¿Qué dificultades encontraste al observar la figura conoscópica y cómo las resolviste?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La observación de figuras de interferencia mediante visión conoscópica es una técnica fundamental en la mineralogía óptica, ya que permite identificar el tipo óptico de los minerales (uniáxicos o biáxicos), estimar el ángulo $2V$ y determinar el signo óptico. Estas propiedades están directamente relacionadas con la estructura cristalina y el comportamiento de la luz dentro del mineral.

Durante la práctica se comprobó que la correcta configuración del microscopio (uso de luz convergente, lente de Bertrand y polarizadores cruzados) es esencial para obtener figuras nítidas y confiables. Además, el uso de compensadores facilita la interpretación del signo óptico, lo cual es clave en el análisis e identificación mineralógica.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Ejercicios con tutoriales para identificar el signo óptico de las figuras de interferencia.
<https://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral/paginas/prsot.htm>

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Solución individual de ejercicios • Reporte de practica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	• https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/19_Rubrica_Solucion_individual_de_ejercicios.pdf • https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Reportedepracticadelaboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	El formato será proporcionado por el facilitador

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	No. 5.- Identificar los Minerales de la serie de reacción de Bowen: olivino, piroxeno, anfíboles, micas, serie de las plagioclasas, feldespatos, cuarzo
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar los minerales representativos de la serie de reacción de Bowen, para reconocer sus propiedades ópticas en lámina delgada, bajo la orientación del facilitador y utilizando el microscopio petrográfico en condiciones de laboratorio controladas, en el contexto del laboratorio de mineralogía óptica, desarrollando el pensamiento sistemático, la disciplina y la capacidad de correlación teórico-práctica

FUNDAMENTO TEÓRICO

Identificación de minerales de la serie de reacción de Bowen (minerales formadores de roca)

Bowen, (1928) describe el orden sistemático en que los minerales silicatados cristalizan a partir de un magma en enfriamiento, en función de su temperatura de formación, composición química y estabilidad termodinámica, la cual se conoce como **Serie de Reacción de Bowen**. Esta serie se conforma por dos series principales: la discontinua formada por olivino → piroxeno → anfíbol → biotita y la continua, donde las plagioclasas forman una solución sólida cálcicas – sódicas, siendo la anortita la del polo Ca seguida por bytownita, labradorita, andesina, oligoclasa y albita en el polo Na. Los minerales que cristalizan a menor temperatura son: ortoclasa → moscovita → cuarzo.

Desde una perspectiva fisicoquímica, estos minerales se diferencian por su estructura cristalina, enlaces atómicos, contenido de sílice y proporciones de cationes como Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^{+} y K^{+} . Estas propiedades determinan no solo su orden de cristalización, sino también su comportamiento óptico bajo el microscopio petrográfico, permitiendo su identificación precisa en lámina delgada.

Los minerales presentan características ópticas propias que los diferencian unos de otros que forman parte de esta serie de reacción presentan propiedades diagnósticas observables con luz polarizada plana (PPL) y cruzada (XPL), tales como:

- Color y pleocroísmo
- Relieve y forma de hábito
- Color de interferencia
- Extinción (recta, oblicua u ondulante)
- Birrefringencia
- Figura de interferencia y signo óptico

Estas características descriptivas sirven para clasificar a los minerales bajo el microscopio: Por ejemplo, el olivino, primer mineral en cristalizar, se caracteriza por un alto relieve, ausencia de exfoliación y extinción recta, con interferencias de segundo orden y ausencia de pleocroísmo. En contraste, la biotita, que aparece en etapas más tardías, muestra pleocroísmo marrón a verde y

extinción paralela. Los feldespatos plagioclasas, ampliamente distribuidos, presentan maclas de polisintéticas y birrefringencia baja (Nesse, 2012; Klein & Dutrow, 2007).

Importancia de la identificación de minerales en lámina delgada

Perkins & Henke (2004), establecen que la observación de estos minerales en lámina delgada permite superar las limitaciones visuales y texturales de la muestra de mano, ofreciendo datos precisos sobre las relaciones texturales (intercrecimientos, bordes de reacción, zonación) que no son visibles a simple vista, y que son fundamentales para interpretar procesos geológicos como cristalización fraccionada, metamorfismo o alteración hidrotermal.

En cambio, el análisis en muestra de mano suele limitarse a observaciones macroscópicas como el color, dureza, brillo o fractura, las cuales pueden inducir a errores, especialmente en minerales con apariencias similares (Ej., ortoclasa vs. plagioclasa sódica).

El uso del microscopio petrográfico permite una identificación objetiva y sistemática, indispensable para estudios petrogenéticos, geocronológicos, estratigráficos y de prospección minera.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

1. Microscopio petrográfico con polarizador y analizador (luz polarizada plana y cruzada)
2. Láminas delgadas de minerales formadores de rocas (espesor estándar de 20–30 μm)
3. Lente de Bertrand (para observaciones conoscópicas, si se requiere)
4. Placas compensadoras (mica, cuarzo-onda lenta, o de yeso)
5. Guía óptica de minerales (atlas o tabla de propiedades diagnósticas)
6. Cuaderno o ficha de clasificación para el registro de datos
7. Fuente de luz estable (preferentemente halógena, incorporada al microscopio)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Esta práctica tiene como objetivo que el estudiante determine correctamente las propiedades ópticas e identificar los minerales.

Preparación del microscopio

- a. Verifica que el microscopio petrográfico esté limpio y correctamente calibrado.
- b. Enciende la fuente de luz y ajusta el diafragma para obtener una iluminación uniforme.
- c. Coloca el polarizador en posición para trabajar con luz polarizada plana (PPL).

Observación bajo luz polarizada plana (PPL)

- d. Coloca una lámina delgada de mineral sobre la platina.
- e. Centra un grano mineral en el campo visual.
- f. Observa y registra las siguientes propiedades:
 - Color

- Pleocroísmo
- Relieve
- Hábito cristalino

- Fractura o exfoliación

g. Gira lentamente la platina para comprobar el cambio de color en minerales pleocroicos.

Observación bajo luz polarizada cruzada (XPL)

- h. Inserta el analizador (posición cruzada del polarizador y analizador).
- i. Observa el mismo mineral y registra las siguientes propiedades:
- j. Color de interferencia
- k. Tipo y ángulo de extinción (recta, oblicua, ondulante)
- l. Presencia de maclas
- m. Birrefringencia estimada
- n. Figura de interferencia.

Uso de herramientas complementarias (opcional)

- o. Inserta placas compensadoras para determinar signos ópticos si el mineral lo permite.
- p. Compara tus observaciones con guías ópticas o tablas diagnósticas para identificar el mineral.
- q. Llena la ficha de clasificación de mineralogía óptica para elaborar el reporte.
- r. Identifica y nombra los minerales.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Reconocer e interpretar correctamente las propiedades ópticas fundamentales de los minerales en lámina delgada.
- Distinguir entre minerales ferromagnesianos, feldespatos, micas, cuarzo y otros minerales comunes de rocas ígneas y metamórficas.
- Utilizar el microscopio petrográfico de manera técnica y sistemática para la identificación mineralógica.
- Comprender las diferencias entre el análisis óptico en lámina delgada y la identificación macroscópica en muestra de mano.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante la interpretación de los datos obtenidos en la práctica, reflexiona y responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué propiedades ópticas observaste bajo PPL y XPL en el mineral analizado?
2. ¿Qué indicios te permitieron diferenciar entre minerales de la serie de Bowen?
3. ¿Qué tan útil fue el color de interferencia para estimar la birrefringencia?
4. ¿Observaste maclas o extinción que te ayudaran a distinguir feldespatos?
5. ¿Qué diferencias observaste entre minerales que parecen similares a simple vista?
6. ¿Cómo influye la precisión del análisis en lámina delgada en la interpretación geológica de una roca?
7. ¿Qué ventajas tiene este método frente a la identificación en muestra de mano?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Durante esta práctica, se identificaron minerales representativos de la serie de reacción de Bowen mediante el análisis de sus propiedades ópticas en lámina delgada, empleando el microscopio petrográfico. Se reconoció que cada mineral posee características ópticas distintivas relacionadas con su estructura interna, composición química y condiciones de cristalización, lo cual permite clasificarlos según su posición en la serie de Bowen (rama discontinua o continua).

El análisis bajo luz polarizada plana (PPL) y cruzada (XPL) facilitó la observación de propiedades clave como el pleocroísmo, relieve, color de interferencia, extinción y maclas, lo que permitió distinguir minerales formadores de roca.

Desde una perspectiva profesional, esta práctica resulta fundamental para el Ingeniero en Geociencias, ya que el conocimiento de las propiedades ópticas de los minerales mejora la capacidad de identificación de minerales y de las rocas. Esta información es esencial en campos como la geología regional, la exploración de recursos naturales, la caracterización de yacimientos, el análisis geotécnico y la reconstrucción de ambientes geodinámicos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Prácticas de mineralogía óptica. https://www.ugr.es/~velilla/atlas_mineral.html

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	• Reporte de Práctica de Laboratorio
Rúbricas o listas de	• https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Reportedepreptic

cotejo para valorar desempeño	adelaboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	El formato será proporcionado por el facilitador (Anexos)

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Bowen, N. L. (1928). *The Evolution of the Igneous Rocks*. Princeton University Press.
2. Dorronsoro D. C., Dorronsoro D., Carlos Dorronsoro F. C y García N. A. (1998). Edafología, OpticalMine 3.0. Universidad de Granada. <http://edafologia.ugr.es/optmine/intro/microsc.htm>.
3. Dorronsoro, C., Linares, J., & Martín, F. (1998). Petrografía óptica. Madrid: Ediciones Rueda.
4. Dyar, M. D., & Gunter, M. E. (2008). *Mineralogy and optical mineralogy: A three-dimensional approach* (Rev. ed.). Mineralogical Society of America.
5. Johnson, E. A., Dyar, M. D., & Bish, D. L. (2022). *Mineralogy and optical mineralogy* (2.^a ed.). Mineralogical Society of America.
6. Johnson, E. A., Liu, J. C., & Peale, M. (2022). Introduction to Petrology. VIVA Pressbooks. <https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/introduction/>.
7. Klein, C., & Dutrow, B. (2007). The Manual of Mineral Science (23rd ed.). John Wiley & Sons.
8. Nesse, W. D. (2012). Introduction to Optical Mineralogy (4.^a ed.). Oxford University Press.
9. Perkins, D., & Henke, K. R. (2004). Mineralogy. Pearson Prentice Hall.
10. Raith, M.M., Raase, P. y Reinhardt, J. (2012). Guía para la microscopía de minerales en lámina delgada. Universidad de Bonn. (traducido al español).
11. Raith, M. M., Raase, P., & Reinhardt, J. (2012). *Guide to thin section microscopy* (2.^a ed., 127 pp., ISBN 978-3-00-037671-9). Open Access e-book. <https://doi.org/10.2118/14892-PA>
minsocam.org+6mineralogy-ima.org+6researchgate.net+6
12. Velilla-Sánchez, N. (s.f.). *Mineralogía Óptica*. Universidad de Granada. <https://www.ugr.es>
13. Winter, J. D. (2014). Principles of Igneous and Metamorphic Petrology (2nd ed.). Pearson Education.



ANEXOS

Elemento de Competencia II

Raith, Raase & Reinhardt Diciembre 2012

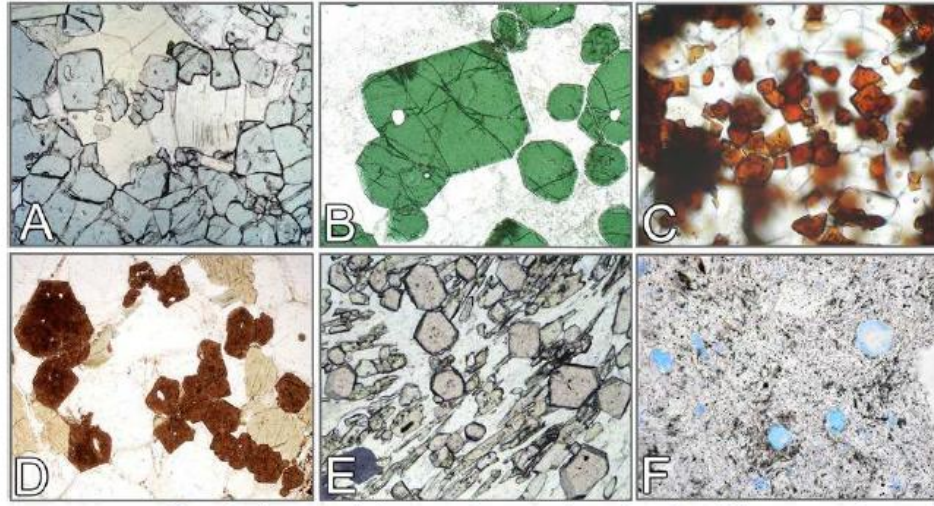


Figura 4-8. Las fases ópticamente isotropas tales como los minerales cúbicos mostrados aquí presentan un único color independientemente de la orientación. A-C: MgFe-espinela, hercynita, magnesioferrita; D-E: Melanita, almandino; F: Hauyna.

Ejemplos del color en minerales isotrópicos. Raith, Raase y Reinhard (2012).

Raith, Raase & Reinhardt Diciembre 2012

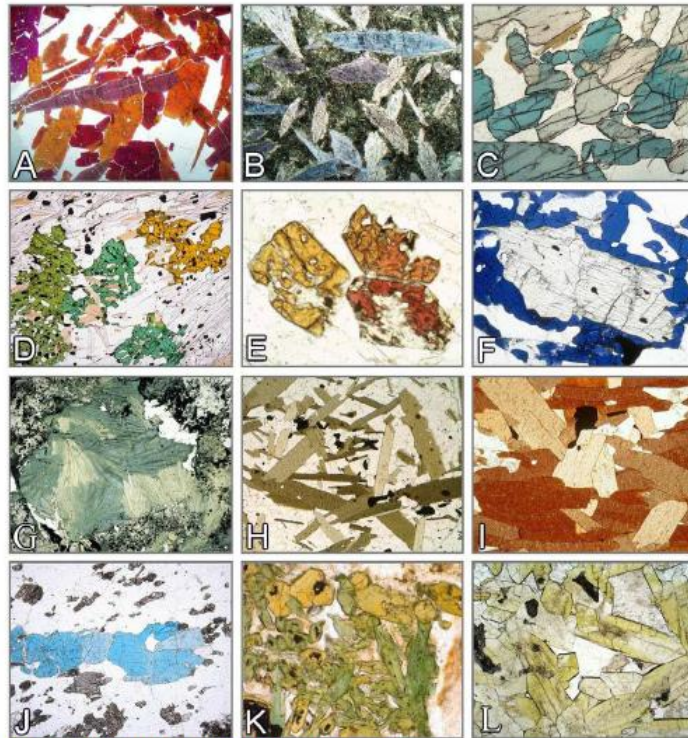
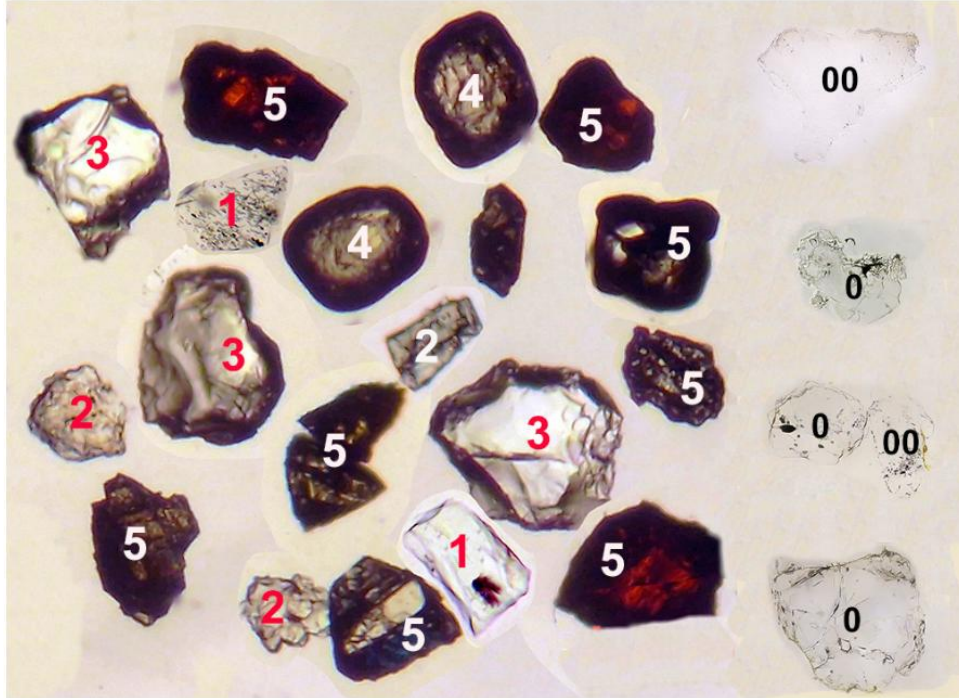


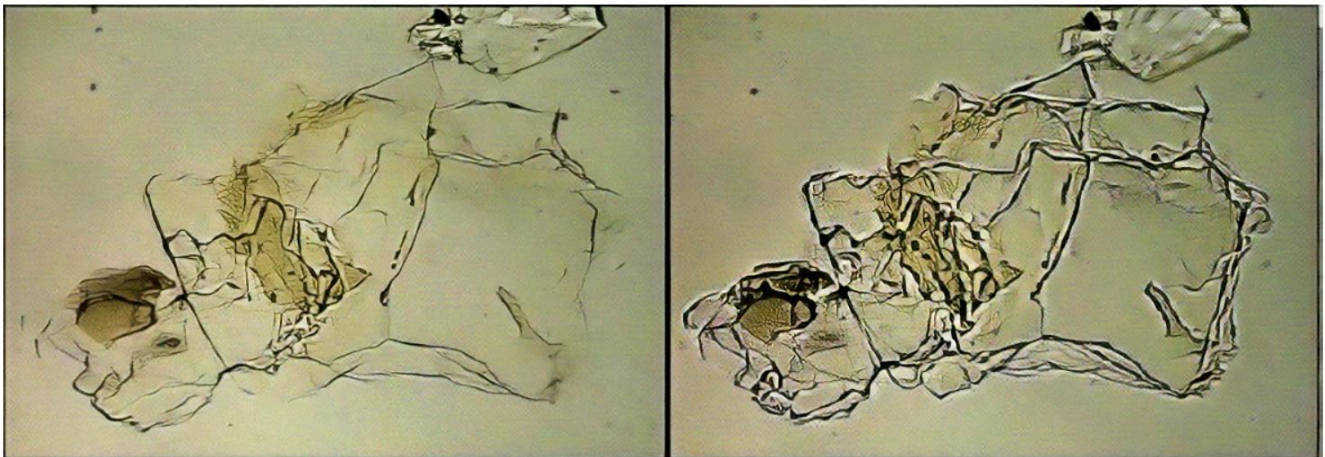
Figura 4-10. Ejemplos de pleocroísmo marcado a fuerte.

A: Piemontita; B: Glaucofano; C: Safirina; D: Viridina; E: Thulita; F: Yoderita (fuente: Dr. N. Jöns, Universität Bremen); G: Cloritoide; H: Biotita; I: Biotita rica en Ti; J: Lazulita; K: Aegirina-augita; L: Epidoto rico en Fe^{3+} (pistacita).

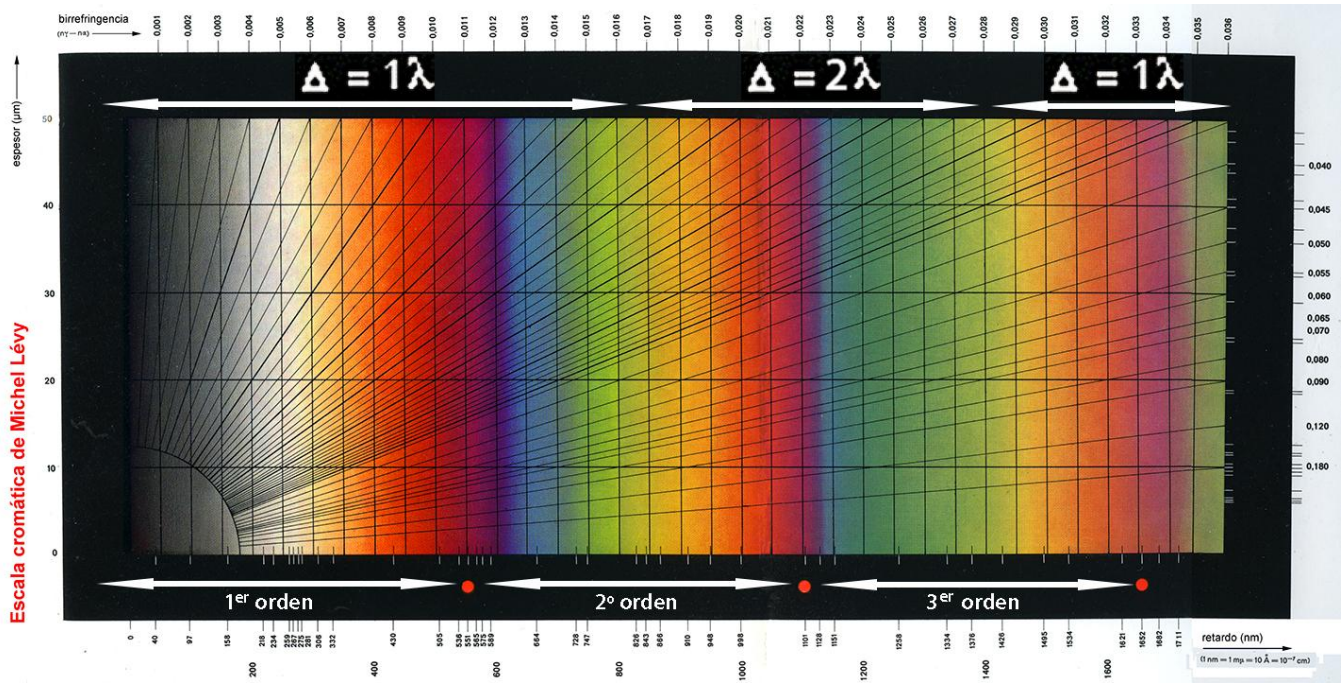
Ejemplos de minerales coloreados anisotrópicos con pleocroísmo. Raith, Raase y Reinhard (2012).



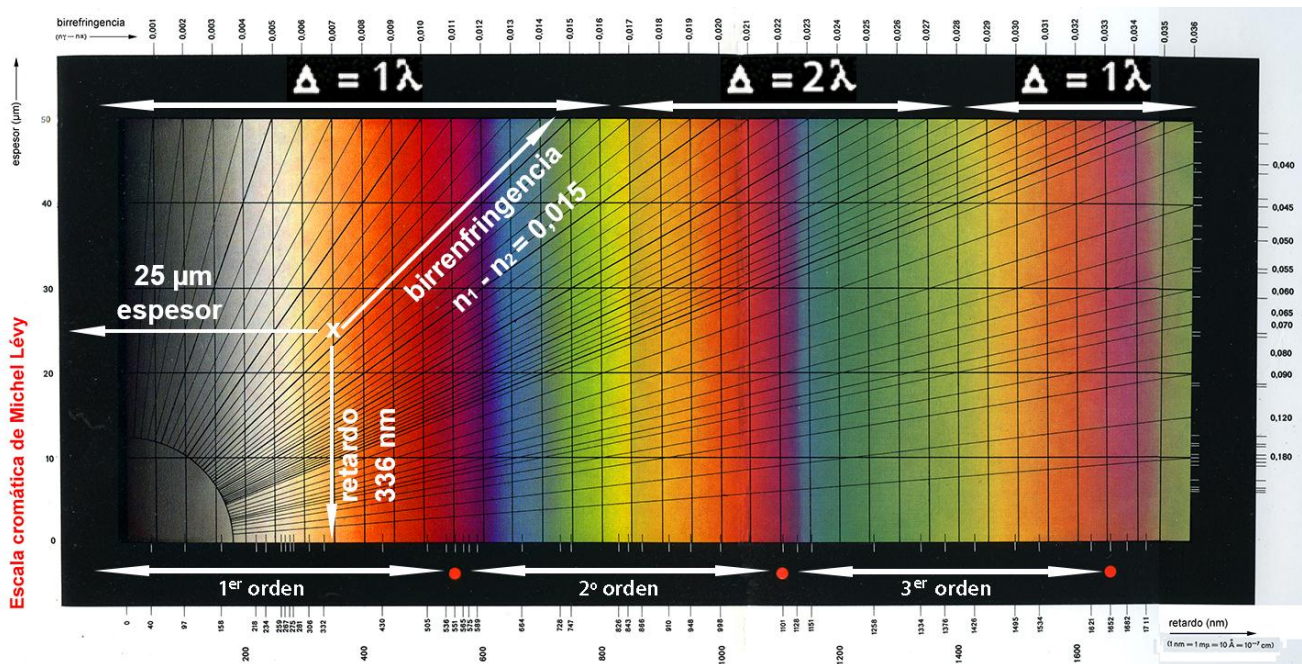
Ejemplos de relieves en minerales: En el borde de los granos se observa una línea oscura más o menos ancha que hace que destaquen con diferente intensidad. Se dice que tienen distintos grados de relieve. Es evidente que los granos 5 y 4 se ven mejor que los 2 y 1. El relieve va subiendo desde los granos 00 ==> 0 ==> 1 ==> 2 ==> 3 ==> 4 ==> 5. Se habla en estos casos de relieve: nulo, bajo, moderado, fuerte y extremo. (<http://edafologia.ugr.es/optmine/ppl/reles.htm>)



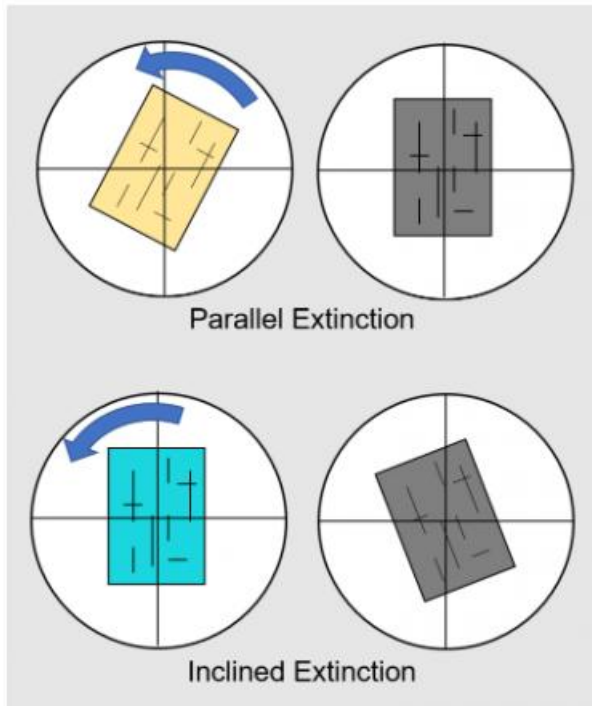
Línea de Becke. Izquierda Mineral enfocado, derecha mineral ligeramente desenfocado al subir el objetivo. <http://edafologia.ugr.es/optmine/ppl/beckees.htm>



Escala de color de Michel-Levy. <http://edafologia.ugr.es/optmine/xplortos/media/escalaLevy.jpg>



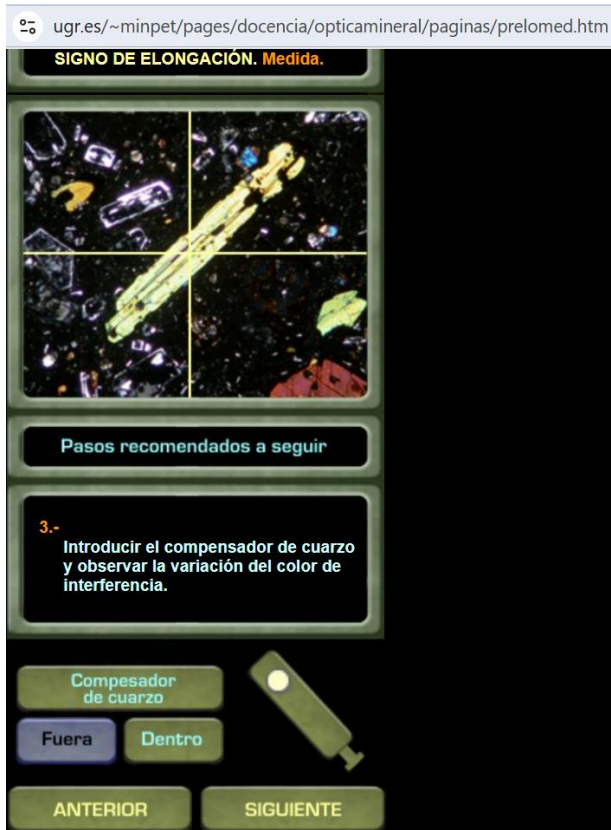
Cálculo del valor de Birrefringencia. <http://edafologia.ugr.es/optmine/xplortos/media/escalaLevy2.jp>



Extinción oblicua (inclinada) y extinción recta (paralela).
Johnson, E. A. et al., 2022.



Pasos 1 y 2 para determinar el signo de elongación



Pasos 3 y 4 para determinar el signo de elongación



Paso 5 para determinar el signo de elongación.
Velilla-Sánchez, s.f.



Figura de interferencia Uniaxial (-). Velilla-Sánchez, s.f.



Figura de interferencia Biaxial (-). Velilla-Sánchez, s.f.



Figura de interferencia Biáxico (+). Velilla-Sánchez, s.f.

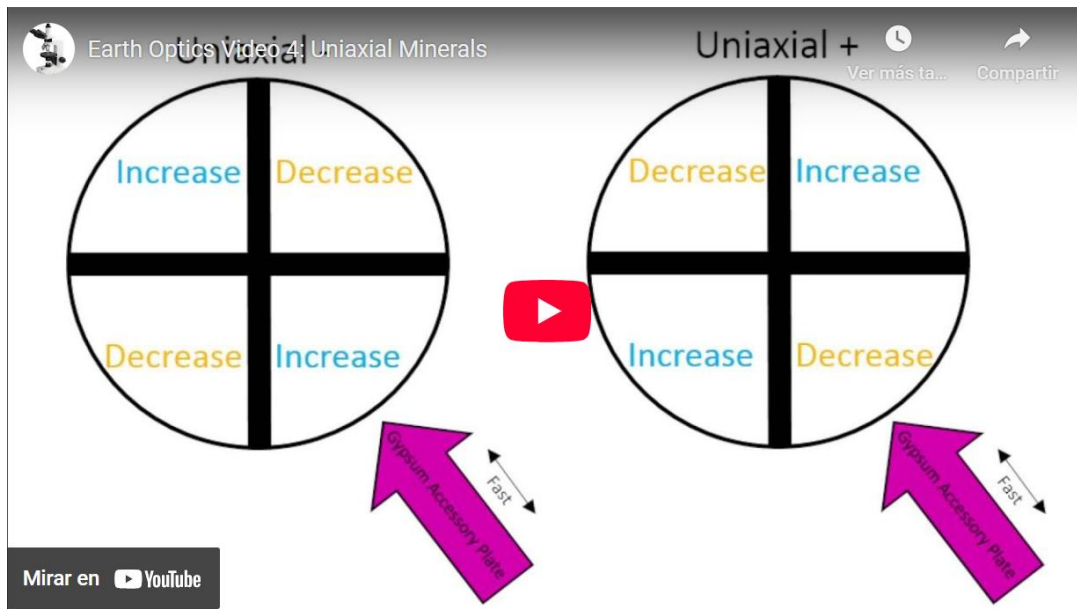


Figura 2.8.5. Vídeos de Óptica Terrestre. Vídeo 4: Minerales Uniaxiales, licencia CC-BY.
<https://youtu.be/JShFwElqUzY>

Indicativos del signo óptico de las figuras de interferencia de minerales.
<https://viva.pressbooks.pub/petrology/chapter/2-8-interference-figures/>

Elemento de Competencia III

Mineralogía Óptica Ing. Geociencias 	
Nombre estudiante: _____ Grupo: _____	
Clasificación de MINERALES	
Nombre del mineral: _____	Clave o Num. de lámina: _____
Sistema cristalino: _____	Formula: _____
Propiedades ópticas	Dibujo o Imagen
Color: _____	
Habito: _____	
Exfoliación: _____	
Macla: _____	
Pleocroismo: _____	
Relieve: _____	
Birrefringencia: _____	
Color de interferencia: _____	
Ángulo de extinción: _____	
Signo de elongación (+): _____ (-): _____	
Tipo óptico Uniáxico: _____ Biáxico: _____	
Signo óptico (+): _____ (-): _____	
Observaciones:	

Ficha de clasificación de minerales



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu