

## **MEMORIA DE EJECUCIÓN**

### **PROYECTO DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE.**

#### **CURSO 2015-2016**

MODALIDAD: Proyectos Impulsados por un Profesor.

LINEA DE ACTUACIÓN: II. Incorporación de recursos para actividades prácticas.

##### II.1. Prácticas de laboratorio

REFERENCIA Y TÍTULO DEL PROYECTO: **ID2015/0064**. Diseño y elaboración de una guía de apoyo y consulta de los alumnos para las clases prácticas de microscopía en la materia de Mineralogía de los Grados en Geología e Ingeniería Geológica.

COORDINADORA: Agustina Fernández Fernández

FINACIACIÓN CONDEDIDA: 30,00€

## **ACTUACIONES REALIZADAS**

La **Mineralogía** es una disciplina básica que es cursada por los Graduados en Geología e Ingeniería Geológica el segundo cuatrimestre del primer curso. Esta materia les permite obtener unos conocimientos básicos para el buen desarrollo de la mayor parte de las materias que cursan a lo largo de los estudios de Grado, así como obtener las competencias básicas necesarias para el ejercicio de su profesión en todos los campos de la Geología y en numerosos sectores de la Ingeniería Geológica. Por lo tanto, es muy importante la adecuada adquisición de las competencias relacionadas con esta materia por parte de los alumnos de ambos grados.

A lo largo de los cursos académico 2013-2014 y 2014-2015, en los que he comenzado a impartir las asignaturas Cristalografía y Mineralogía (Parte de Mineralogía) de 1<sup>er</sup> curso de los Grados en Geología e Ingeniería Geológica (segundo cuatrimestre) y Ampliación de Cristalografía y Mineralogía (Parte de Mineralogía) de 2<sup>o</sup> curso del Grado en Geología (primer cuatrimestre), he puesto a disposición de los alumnos, en la plataforma virtual Studium, sendas guías para de identificación mineral en la que están recogidas las características ópticas de los minerales que son objeto de identificación en las clases prácticas de microscopía, junto con diferentes microfotografías tomadas sobre las propias láminas utilizadas en las prácticas. Estas guías permiten a los alumnos un mejor seguimiento de las clases prácticas, facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que finalmente contribuye a mejorar la adquisición de las competencias básicas propias de la Mineralogía.

Sin embargo, la impartición de las clases prácticas de microscopía de la materia de Mineralogía, cuyo principal objetivo es la identificación mineral, me ha permitido observar las dificultades que presentan los alumnos en el manejo del microscopio óptico de polarización y en la determinación de las propiedades ópticas de los minerales, a pesar de dedicar la primera de las clases prácticas a lograr este objetivo. Por ello, teniendo en cuenta que el tiempo del que se dispone, según los actuales Planes de Estudios, para las prácticas de identificación mineral es muy limitado, se ha elaborado la presente guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

transparentes bajo microscopio óptico de polarización, en la que se muestra de forma didáctica, mediante esquemas y fotografías, la metodología para determinar dichas propiedades.

Previamente, para la elaboración de la guía, en el Servicio de Preparación de Rocas de la Universidad de Salamanca, con el presupuesto concedido para la ejecución de este Proyecto de Innovación Docente, se han realizado tres láminas delgadas de determinados minerales (cuarzo, turmalina, moscovita y biotita, hornblenda, enstatita...), cortados según orientaciones cristalográficas concretas y precisas, para obtener secciones longitudinales y basales de los mismos, las cuales se han utilizado como modelos para mostrar las propiedades ópticas de los minerales, realizándose microfotografías ilustrativas de las mismas.

En la elaboración de la guía, se han utilizado, igualmente, recursos bibliográficos disponibles en la biblioteca y recursos electrónicos disponibles en la red, así como otras preparaciones minerales (láminas delgadas) utilizadas habitualmente en las clases prácticas de identificación mineral de la materia de Mineralogía, especialmente en la asignatura de Cristalografía y Mineralogía (Parte de Mineralogía) de 1<sup>er</sup> curso de los Grados en Geología e Ingeniería Geológica.

Esta guía se ha puesto a disposición de los alumnos, en formato digital, en la plataforma virtual Studium, antes del inicio de las clases prácticas de microscopía, lo que les ha permitido un mejor seguimiento y aprovechamiento de dichas clases, facilitándoles el proceso de identificación mineral y, por consiguiente, la adquisición de una de las competencias propias y básicas de las titulaciones de los Grados en Geología e Ingeniería Geológica, específica de la materia de Mineralogía: saber identificar y caracterizar minerales.

En el siguiente esquema, correspondiente a un volcado de pantalla del curso *Cristalografía y Mineralogía* de la plataforma virtual *Studium* en el presente curso académico 2015-2016, se recoge la disposición del material docente de la Materia de *Mineralogía*, donde puede observarse la guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales objeto de este Proyecto de Innovación Docente.

The screenshot shows the Studium virtual platform interface. At the top, there is a navigation bar with social media icons and a user identification bar stating 'Usted se ha identificado como AGUSTINA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ (Salir)'. Below this is the Studium logo and the University of Salamanca logo, along with contact information: '923 294500 Ext. 4746' and 'studium@usal.es'. A red navigation bar contains links for 'NORMATIVA', 'FORMACIÓN', 'ANTIPLAGIO', 'VIRTUALE', 'CONTACTO', 'MI STUDIUM', and 'MIS CURSOS'. The main content area is titled 'Área personal > MINESILICATOS' and includes a green 'Activar edición' button. The interface is divided into three main sections: 'Personas', 'Navegación', and 'Administración'. The 'Personas' section shows 'Participantes'. The 'Navegación' section lists the course structure, including 'MINESILICATOS' with sub-items like 'Participantes', 'Asignar grupos UXXI', 'General', and 'Tema 1' through 'Tema 10'. The 'Administración' section provides options for course management, such as 'Activar edición', 'Editar ajustes', 'Usuarios', 'Filtros', 'Informes', 'Calificaciones', 'Copia de seguridad', and 'Restaurar'. The main content area displays 'Novidades' (News) with two items: 'Guía: Determinación de las Propiedades Ópticas de los Minerales' and 'Guía: Identificación Mineral bajo Microscopio Petrográfico'. Below this, 'Tema 1' is detailed as 'BLOQUE I. INTRODUCCIÓN. MINERALOGÉNESIS.' with sub-items 'Tema 1 (I). Mineralogénesis' and 'Tema 1 (II). Propiedades Minerales'. 'Tema 2' is 'BLOQUE II. MINERALOGÍA SISTEMÁTICA. SILICATOS' with sub-items 'Tema 2. Clasificaciones mineralógicas', 'Tema 3. Neso-Soro-Ciclosilicatos', 'Tema 4. Inosilicatos', 'Tema 5. Filosilicatos', and 'Tema 6. Tectosilicatos'. 'Tema 3' is 'BLOQUE II. MINERALOGÍA SISTEMÁTICA. NO SILICATOS' with sub-item 'Tema 7. Haluros. Carbonatos. Sulfatos'.

A continuación se recoge la organización de la guía, así como la descripción resumida y el modo de determinación de alguna de las propiedades ópticas de los minerales, a modo de ejemplo.

Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

## ÍNDICE

I. EL MICROSCOPIO ÓPTICO DE POLARIZACIÓN	3
II. OBSERVACIONES DE LOS MINERALES TRANSPARENTES AL MICROSCOPIO ÓPTICO DE POLARIZACIÓN EN LUZ TRANSMITIDA Y NÍCOLES PARALELOS (NP)	4
1) FORMA Y ASPECTO	4
2) COLOR Y PLEOCROISMO	5
3) EXFOLIACIÓN	6
4) RELIEVE	7
5) ALTERACIONES	9
6) ZONACIÓN	10
III. OBSERVACIONES DE LOS MINERALES TRANSPARENTES AL MICROSCOPIO ÓPTICO DE POLARIZACIÓN EN LUZ TRANSMITIDA Y NÍCOLES CRUZADOS (NC)	11
1) ISOTROPÍA – ANISOTROPÍA	11
2) BIRREFRINGENCIA - COLOR DE INTERFERENCIA	13
3) ÁNGULO DE EXTINCIÓN	16
4) MACLAS	18
5) ELONGACIÓN- SIGNO DE ELONGACIÓN	19
6) FIGURAS DE INTERFERENCIA- SIGNO ÓPTICO	20
III. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	24

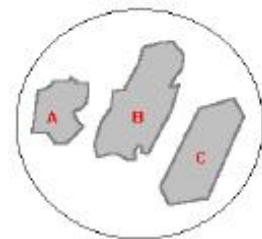
Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

## II. OBSERVACIONES DE LOS MINERALES TRANSPARENTES AL MICROSCOPIO ÓPTICO DE POLARIZACIÓN EN LUZ TRANSMITIDA Y NÍCOLES PARALELOS (NP)

1	<b>FORMA Y ASPECTO</b>
2	<b>COLOR Y PLEOCROISMO</b>
3	<b>EXFOLIACIÓN</b>
4	<b>RELIEVE</b>
5	<b>ALTERACIONES</b>
6	<b>ZONACIÓN</b>

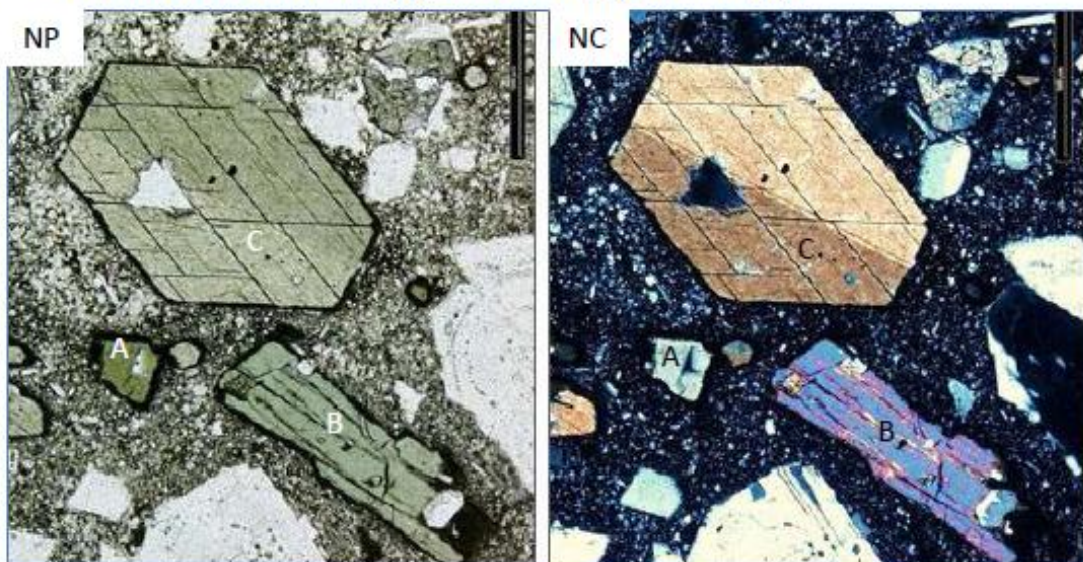
### 1) FORMA Y ASPECTO

- ❖ Cristales alotriomorfos (o xenomorfos o anhedrales) (A)
- ❖ Cristales subidiomorfos (o subautomorfos o subhedrales) (B)
- ❖ Cristales idiomorfos (o automorfos o euhedrales) (C)



### FORMA Y ASPECTO DE LOS MINERALES ---ejemplos

- ❖ Hornblenda: alotriomorfa (A), subidiomorfa (B), idiomorfa (C)

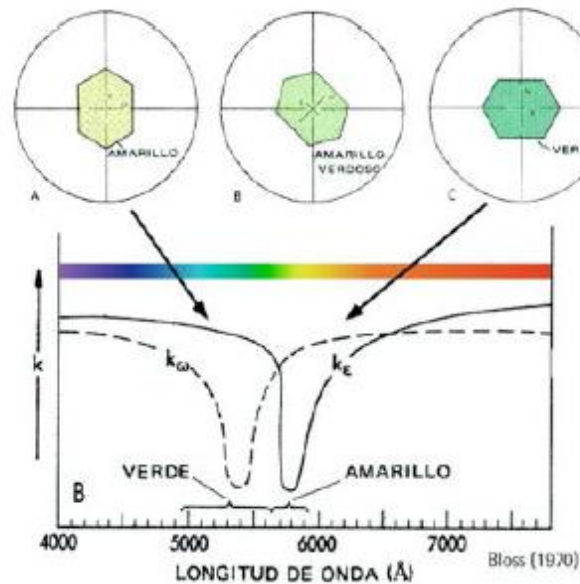


Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

## 2) COLOR Y PLEOCROISMO

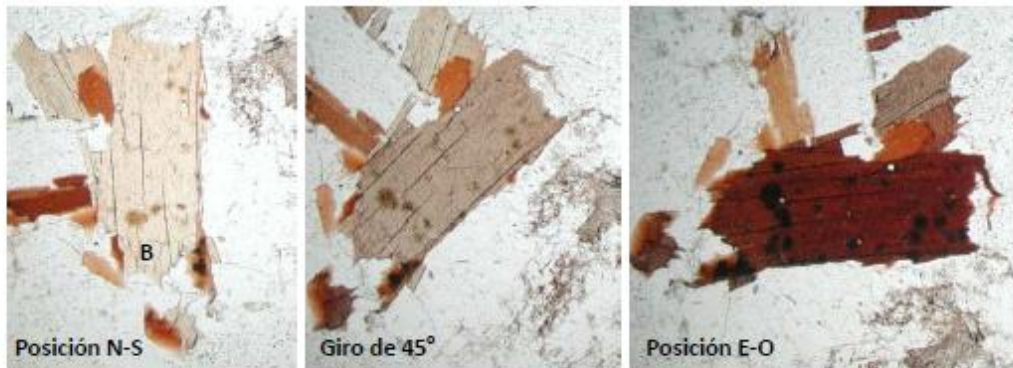
El pleocroismo es el fenómeno de variación de color en función de la orientación del cristal respecto a la luz incidente.

Se debe a la variación en la forma de absorber las diferentes  $\lambda$  de los minerales según su orientación.



### COLOR Y PLEOCROISMO --- ejemplos

❖ Biotita (B) con pleocroismo marrón



❖ Andalucita  
con pleocroismo rosa



A. Fernández

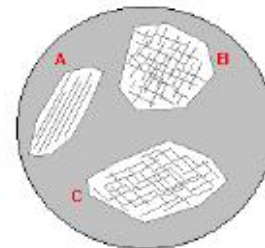
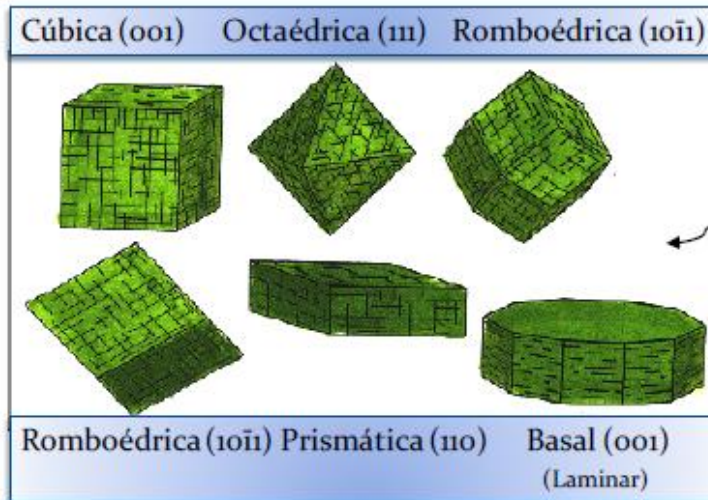
Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

### 3) EXFOLIACIÓN

Es la ruptura de un mineral por dos superficies planas, por efecto de una fuerza.

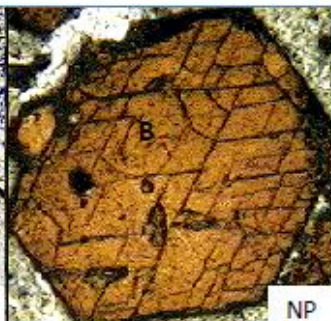
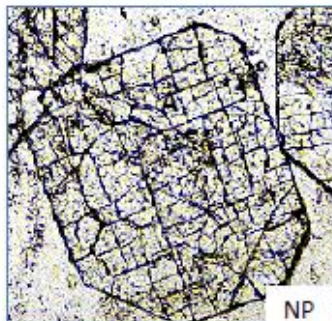
Las superficies de exfoliación son paralelas a caras del cristal.

- ✓ Un sistema de exfoliación (A)
- ✓ Dos sistemas de exfoliación (B y C)



TIPOS DE EXFOLIACIÓN

### EXFOLIACIÓN---ejemplos



#### Secciones basales

#### Dos sistemas de exfoliación

- ❖ Piroxeno (A)  
Exfoliación prismática  $\approx 90^\circ$
- ❖ Anfíbol (B)  
Exfoliación prismática  $\approx 120^\circ$



#### Secciones basales y longitudinales



- ❖ Hornblenda  
Exfoliación prismática (110)
- ✓ Sección basal (A): dos sistemas.
- ✓ Sección longitudinal (B): un sistema.

- ❖ Moscovita  
Exfoliación basal (001)
- ✓ Sección basal (A): "sin exfoliación"
- ✓ Sección longitudinal (B): un sistema.



Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

### III. OBSERVACIONES DE LOS MINERALES TRANSPARENTES AL MICROSCOPIO ÓPTICO DE POLARIZACIÓN EN LUZ TRANSMITIDA Y NÍCOLES CRUZADOS (NC)

1	ISOTROPÍA - ANISOTROPÍA
2	BIRREFRINGENCIA - COLOR DE INTERFERENCIA
3	ÁNGULO DE EXTINCIÓN
4	MACLAS
5	ELONGACIÓN - SIGNO DE ELONGACIÓN
6	FIGURAS DE INTERFERENCIA - SIGNO ÓPTICO

#### 1) ISOTROPÍA - ANISOTROPÍA

**MINERALES ISÓTROPOS** - igual índice de refracción (IR) en todas las direcciones cristalográficas.

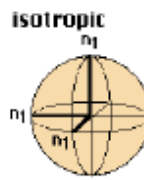
- (sistema cúbico)

**MINERALES ANISÓTROPOS** - distinto índice de refracción en diferentes direcciones cristalográficas. Dos tipos:

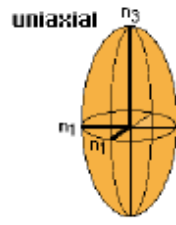
- **UNIÁXICOS** - tienen dos índices de refracción principales (sistemas tetragonal y hexagonal)
- **BIÁXICOS** - caracterizados por tres índices de refracción principales (sistemas triclinico, monoclinico y rómbico)

**\*INDICATRIZ ÓPTICA:** modelo geométrico que representa todos los posibles IR de un medio transparente.

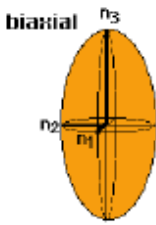
- **INDICATRIZ ISÓTROPICA** - esfera.
- **INDICATRICES ANISÓTROPAS:**
  - **INDICATRIZ UNIÁXICA**, es un elipsoide de dos ejes.
 



isotropia  
 $n_1$   
 $n_1$   
 $n_1$   
isótropo



uniaxial  
 $n_3$   
 $n_1$   
 $n_1$   
uniaxial

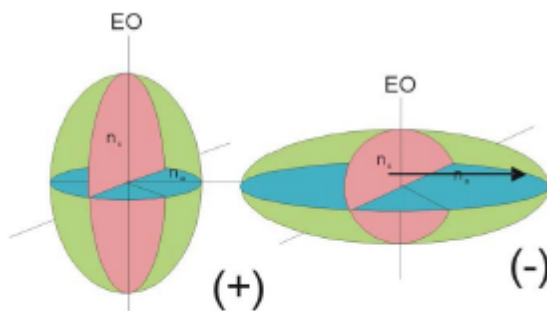


biaxial  
 $n_3$   
 $n_2$   
 $n_1$   
biaxial
  - ✓ Los IR principales son dos:  $n_w$  (rayo ordinario) y  $n_e$  (rayo extraordinario), son perpendiculares.
  - **INDICATRIZ BIÁXICA**, es un elipsoide de tres ejes.
    - ✓ Los IR principales son tres:  $n_\alpha$ ,  $n_\beta$  y  $n_\gamma$  ( $n_\alpha < n_\beta < n_\gamma$ ) y son perpendiculares.

Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

INDICATRIZ UNIÁXICA E INDICATRIZ BIÁXICA: pueden ser **POSITIVAS O NEGATIVAS**

### INDICATRIZ UNIÁXICA --- Ejemplo

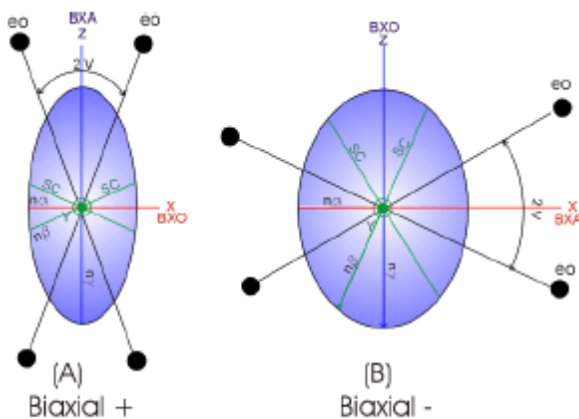


#### 1 EO y una sección circular perpendicular

EO: coincide con el eje de simetría principal (eje c)

Sección circular: sección de isotropía, los IR son iguales en todas las direcciones.

### INDICATRIZ BIÁXICA.--- Ejemplo



eo= eje óptico, SC= sección circular,  
BXA= bisectriz aguda, BXO= bisectriz obtusa,  
 $2V$ = ángulo entre dos ejes ópticos.

#### 2 EO y dos secciones circulares.

Su orientación depende de la simetría del cristal.

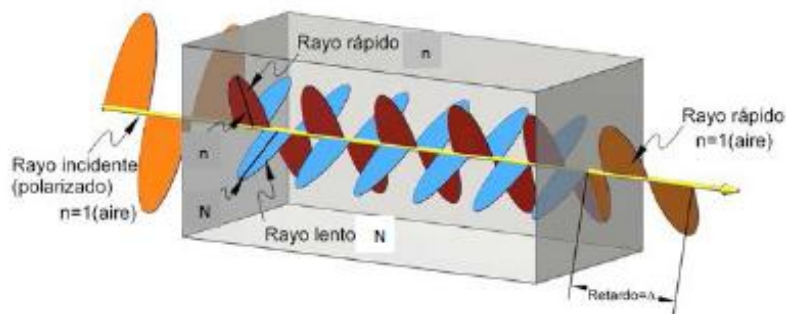
- Cristales rómbicos: los tres índices de refracción principal coinciden con los ejes cristalográficos.
- Cristales monoclínicos: uno de los índices de refracción principales coincide con el eje b.
- Cristales triclínicos: los índices de refracción principales no coinciden con los ejes cristalográficos.

Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

## 2) BIRREFRINGENCIA - COLOR DE INTERFERENCIA (CI)

### CRISTALES ANISÓTROPOS

La luz polarizada, al pasar a través de un cristal anisótropo, se descompone en dos rayos de vibración perpendiculares y de velocidades diferentes debido a las diferencias en los IR.



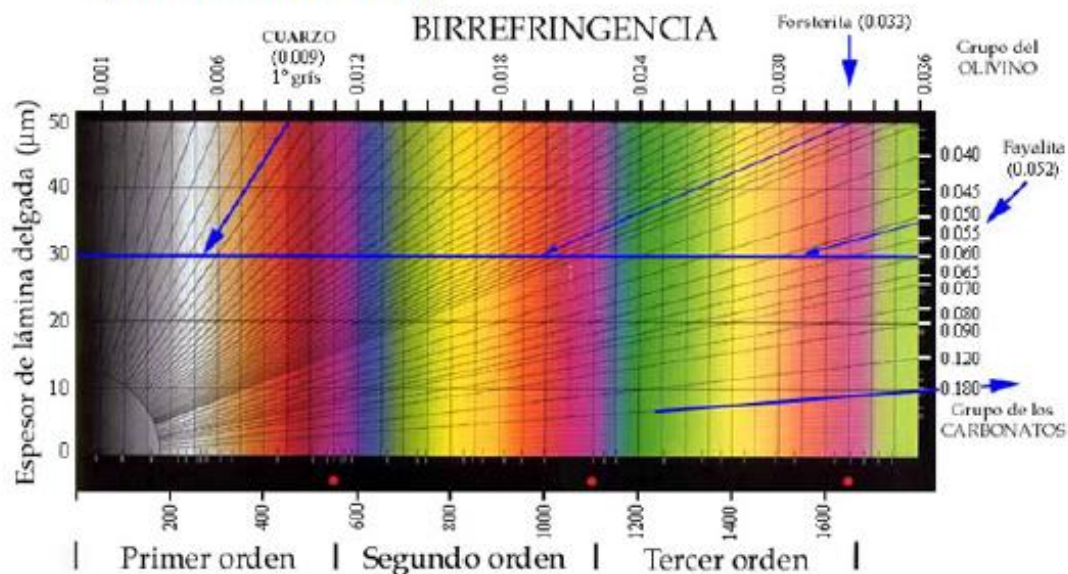
- Se denominan **N (rayo lento)** y **n (rayo rápido)**.
- La **diferencia entre los índices de refracción extremos (N-n)** se denomina **BIRREFRINGENCIA**. Es una **propiedad característica de cada cristal**.
- **RETARDO - COLOR DE INTERFERENCIA**

El retardo es la distancia a la que un rayo viaja respecto a otro (en nanómetros,  $1\text{nm} = 10^{-7}\text{cm}$ ) o el número de longitudes de onda que una onda se retrasa respecto a otra.

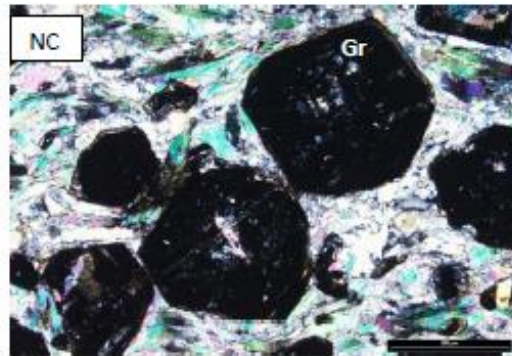
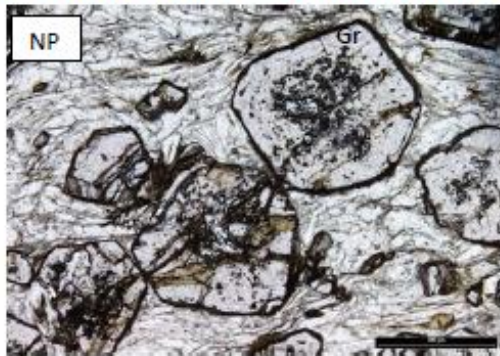
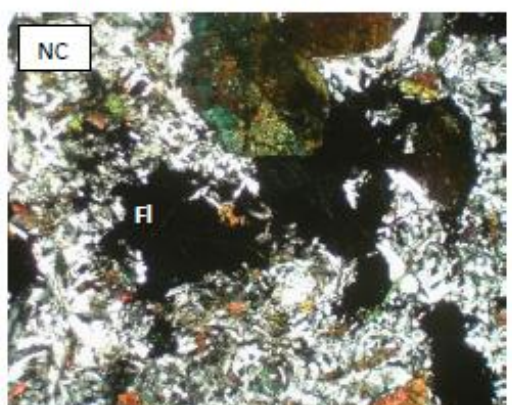
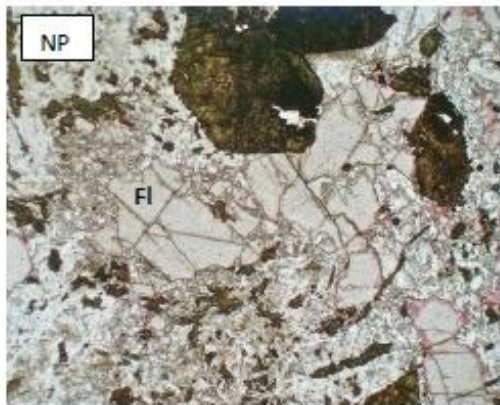
Retardo:  $\Delta = d (N-n)$

**d**: espesor (en las láminas delgadas utilizadas en la identificación mineral es de  $30\mu\text{m}$ ).

A partir del retardo se determina el color de interferencia mediante la tabla de Michel Levy

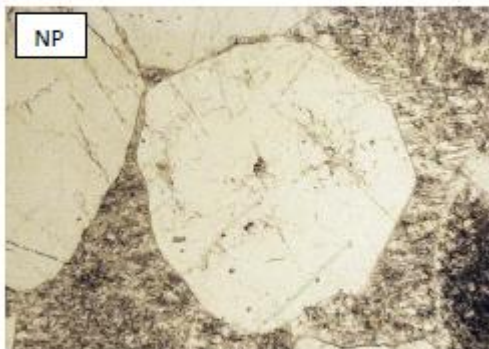


A. Fernández

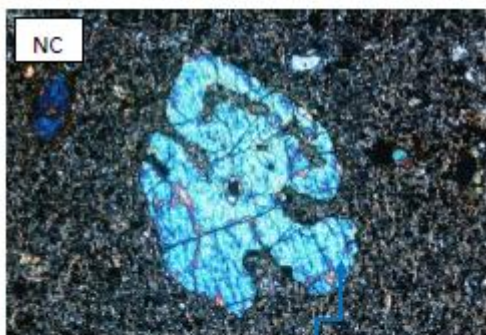
**ISOTROPÍA-ANISOTROPÍA-COLOR DE INTERFERENCIA ---ejemplos****MINERALES ISÓTROPOS (SISTEMA CÚBICO)**❖ Granate. Isótropo. NC : OSCURIDAD (Haz de luz no pasa)❖ Fluorita. Isótropo. NC: OSCURIDAD (Haz de luz no pasa)

Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

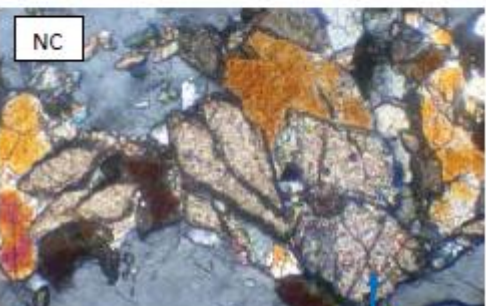
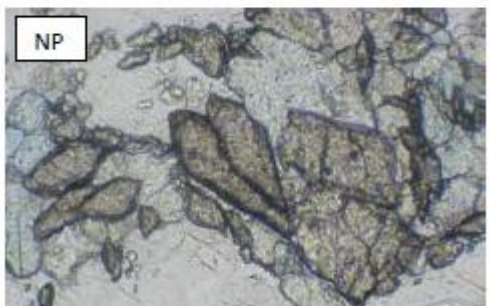
### MINERALES ANISÓTROPOS



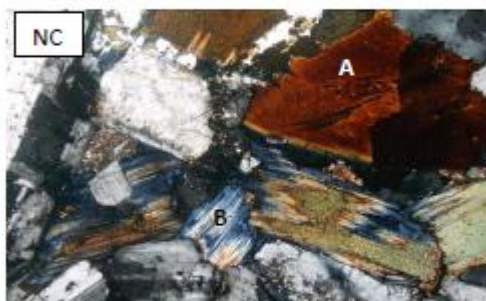
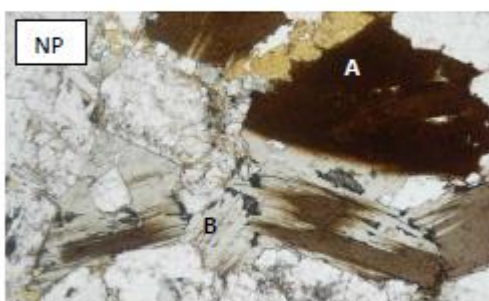
❖ Cuarzo. Birrefringencia baja. CI de 1º orden (gris de primer orden)



❖ Olivino. Birrefringencia alta. CI de 3º orden (azul de tercer orden)



❖ Titanita. Birrefringencia extrema. CI de 4º orden, blanco con irisaciones.



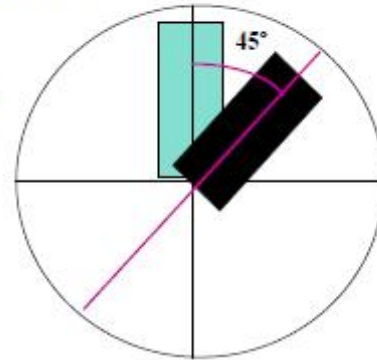
❖ Biotita: CI enmascarado (marrón) (A) y Clorita: CI anómalo (azul) (B)

Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

### 3) ÁNGULO DE EXTINCIÓN

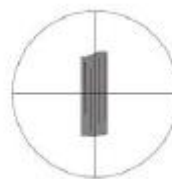
Es el ángulo formado entre la posición de extinción y una dirección bien definida del cristal.

Su valor es inferior a  $45^\circ$ .



#### TIPOS DE EXTINCIÓN:

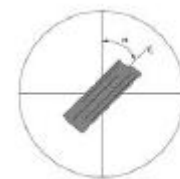
- ✓ Extinción recta ( $0^\circ$ )
  - ✓ Sistemas tetragonal y hexagonal
- ✓ Extinción oblicua ( $0-45^\circ$ )
  - ✓ Sistemas monoclinico y triclínico
- ✓ Extinción simétrica
- ✓ Extinción "ondulante"



Recta o paralela.

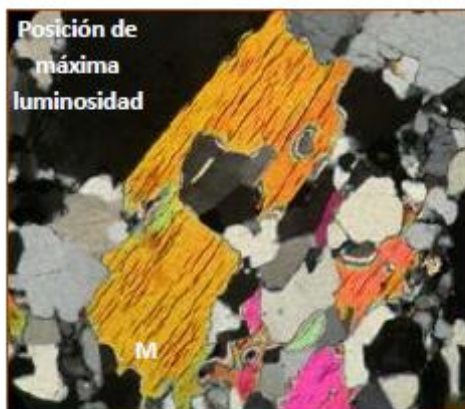


Simétrica.



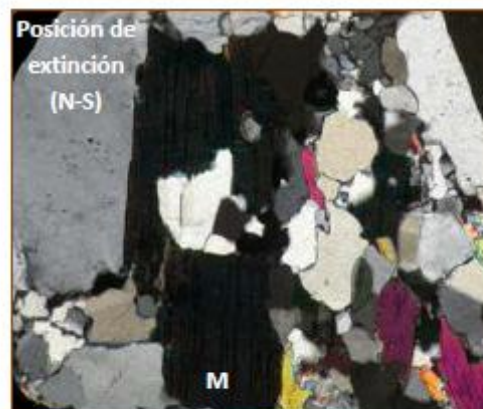
Oblicua o inclinada.

#### ÁNGULOS DE EXTINCIÓN ---ejemplos



Posición de máxima luminosidad

M



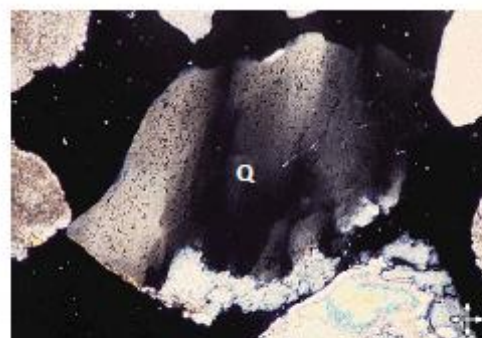
Posición de extinción (N-S)

M

❖ Moscovita (M). Extinción recta.

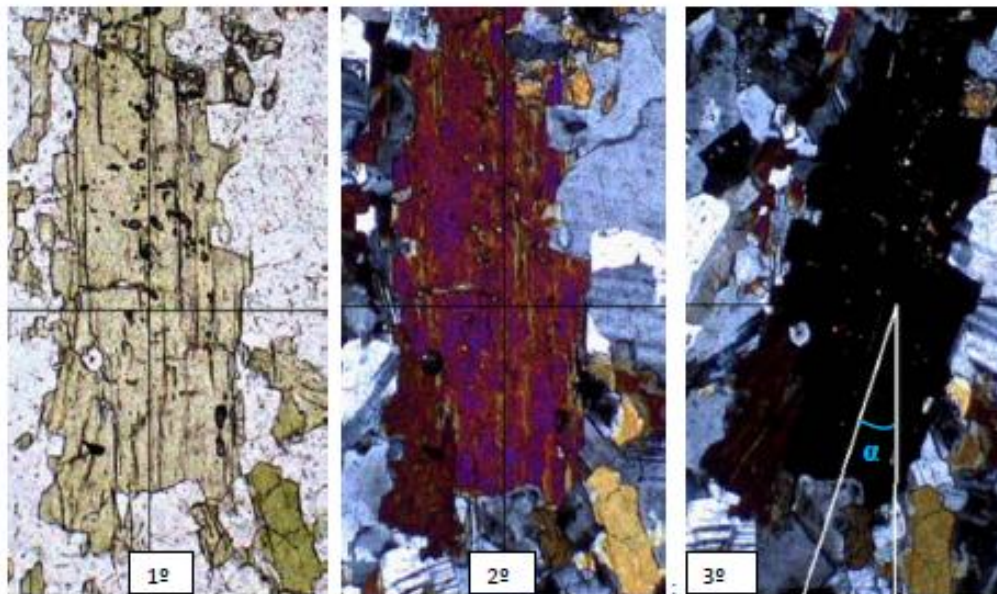


Q



Q

❖ Cuarzo (Q). Extinción ondulante

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE EXTINCIÓN:❖ Turmalina. Extinción oblicua

1º) Se elige una sección del mineral con una dirección cristalográfica bien definida (lado...) y se coloca paralela al hilo del retículo (dirección N-S).

2º) Se introduce el analizador (NC) (se observan los grados en la platina graduada).

2º) Se gira la platina hasta que el mineral alcanza la posición de extinción máxima más próxima y (observando de nuevo los grados en la platina), se determina el **ángulo de extinción ( $\alpha$ )**.

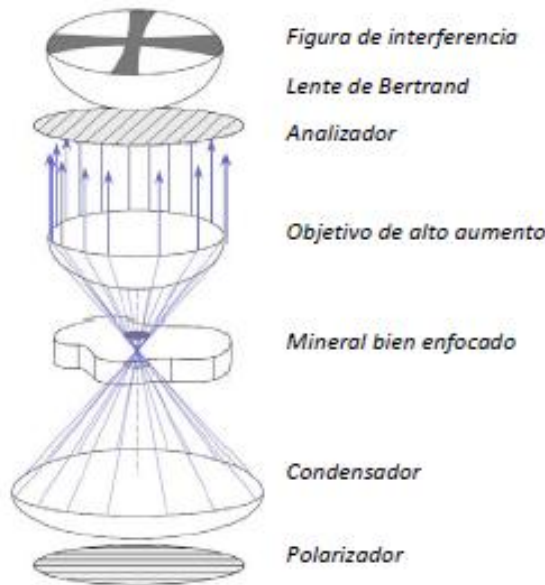
Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

**6) FIGURAS DE INTERFERENCIA – SIGNO ÓPTICO**

Son observaciones que se realizan en luz transmitida conoscópica.

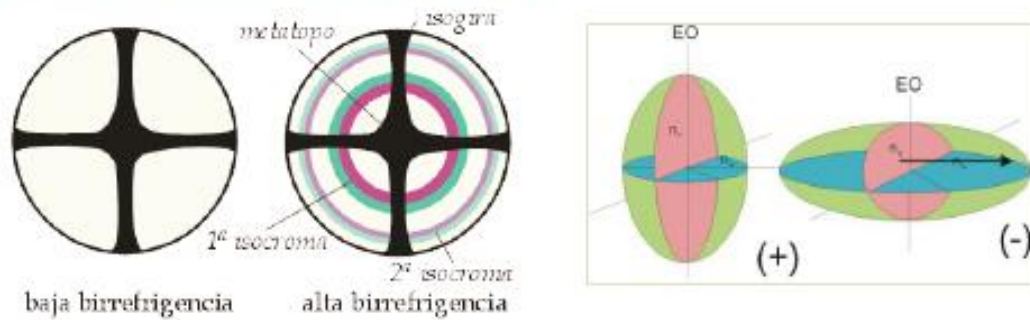
POSICIÓN DEL MICROSCOPIO:

Objetivo alto aumento + mineral enfocado+ condensador + NC+ lente de Bertrand

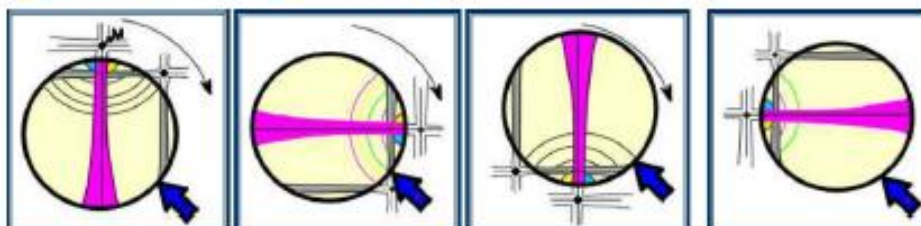


**A) FIGURAS DE INTERFERENCIA EN CRISTALES UNIÁXICOS**

a) Secciones perpendiculares al eje óptico (eje c)



b) Secciones excéntricas (melatopo (M) fuera del campo)





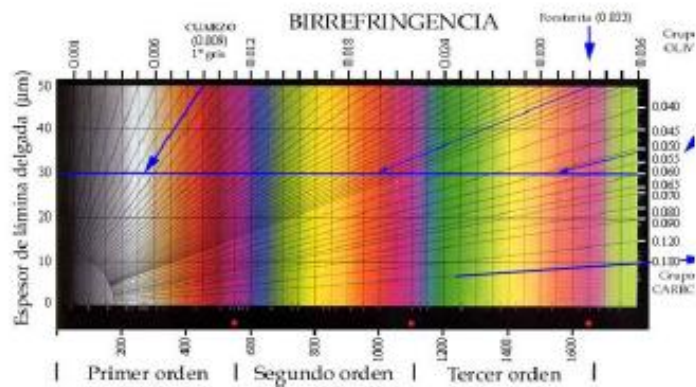
Guía para la determinación de las propiedades ópticas de los minerales

**CRISTALES UNIÁXICOS POSITIVOS**

Uniaxial positivo ( $e_o > e_e$ )

- ✓ Lámina de yeso ( $\lambda$ )
- ✓ Retardo  $550\mu\text{m}$
- ✓ Gris 1º orden:  $125\mu\text{m}$
- ✓ Sustracción  $550-125=425\mu\text{m}$
- ✓ Amarillo
- ✓ Adición:  $550+125=675\mu\text{m}$
- ✓ Azul

✓ **Cuña de cuarzo** ( $\lambda$  variable)



**CRISTALES UNIÁXICOS NEGATIVOS** (ocurre lo contrario)

Uniaxial negativo ( $e_e < e_o$ )

A. Fernández

Los alumnos matriculados en la asignatura **Cristalografía y Mineralogía** de 1<sup>er</sup> curso de los Grados en Geología e Ingeniería Geológica, que han tenido a su disposición la guía el segundo cuatrimestre del presente curso académico 2015-2016, han respondido de forma desigual, en función de su participación en las clases prácticas de microscopía. Un grupo reducido de alumnos ha imprimido la guía y un grupo más numeroso la ha consultado desde los dispositivos informáticos móviles que se permiten utilizar en dichas clases prácticas (tablets, smartphones...). La valoración que dichos alumnos han realizado de la guía, para el seguimiento de las prácticas de identificación mineral, ha sido positiva. Especialmente interesante y útil, les ha resultado el modo de determinación, mediante esquemas y microfotografías, de aquellas propiedades ópticas que son medidas de forma habitual en la identificación microscópica de minerales (**pleocroísmo, relieve, exfoliación, color de interferencia y ángulo de extinción**), constituyendo una ayuda importante para el seguimiento de las prácticas y facilitando, por consiguiente, el proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia de Mineralogía. De menor interés, les ha resultado la descripción de otras propiedades ópticas que son medidas de forma más puntual, como son la determinación de la elongación y la figura de interferencia y su signo, lo que se considera debido al poco tiempo del que se dispone para las prácticas de microscopía en esta asignatura. Sin embargo, estas propiedades, puede resultarles de gran utilidad en asignaturas de cursos sucesivos como es, por ejemplo, Ampliación de Cristalografía y Mineralogía de 2º curso del Grado en Geología, cuando los alumnos ya se encuentran más familiarizados con el manejo del microscopio petrográfico y cuentan con unos conocimientos básicos en la identificación mineral.

Por consiguiente, la utilización de esta guía de apoyo y consulta de los alumnos para las clases prácticas de microscopía en la materia de Mineralogía, contribuye a la adquisición de una competencia básica para los alumnos de los Grados en Geología e Ingeniería Geológica: **saber identificar y caracterizar minerales.**