



## Grado en Geología 26402 - Cristalografía

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.5

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Antonio López Ciriano** antoniol@unizar.es
- **María José Mayayo Burillo** mayayo@unizar.es
- **María Cinta Fermina Osácar Soriano** cinta@unizar.es
- **Alfonso Yuste Oliete** alfon@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Requiere conocimientos básicos de matemáticas, física y química. Incluye una alta carga de conceptos que requieren un cierto nivel de abstracción por parte de los estudiantes. Además, a lo largo del desarrollo de la asignatura se utilizan los conceptos que han surgido previamente por lo que es preciso que la asimilación se vaya realizando progresivamente, sin saltos que dificultan enormemente el aprendizaje de los conceptos posteriores. Además de la asistencia y seguimiento de las clases presenciales, se espera un trabajo personal y continuado del estudiante. La consulta de diversas fuentes bibliográficas se considera fundamental para la consecución de los objetivos previstos en la asignatura

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

- \* Inicio de las clases de teoría: al comienzo del 2º cuatrimestre
- \* Inicio de las clases de prácticas (Cristalografía Geométrica y difracción: aproximadamente 1 ó 2 semanas después del comienzo del cuatrimestre.
- \* Final del primer módulo de prácticas (Cristalografía Geométrica y difracción): final de Marzo-comienzo de Abril
- \* Comienzo del segundo módulo de prácticas (Microscopía óptica): en Abril
- \* Final de las clases de teoría: a mitad de Mayo
- \* Final del segundo módulo de prácticas (Microscopía óptica): final de Mayo
- \* Repaso del primer módulo de prácticas: última semana de Mayo
- \* Examen de teoría y del primer módulo de práctica: Junio y Septiembre
- \* Examen del segundo módulo de prácticas: Junio y Septiembre

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Reconocer y describir los caracteres de los modelos geométricos de la materia cristalina.
- 2:** Capacidad de utilizar las técnicas básicas para la identificación mineral.
- 3:** Localizar y leer textos científicos en español y en inglés sobre cuestiones básicas de cristalografía; seleccionar y comprender la información relevante que contiene en relación con cuestiones cristalográficas concretas.
- 4:** Relacionar los conocimientos adquiridos sobre la cristalografía con el resto de disciplinas del grado.
- 5:** Adquirir, analizar e interpretar datos sobre la estructura cristalina de los minerales obtenidos a partir del trabajo de laboratorio, especialmente bajo el microscopio de polarización de luz transmitida.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Este curso se plantea como una introducción al conocimiento de la estructura y propiedades del estado cristalino, para el estudio de los materiales geológicos -mayoritariamente cristalinos- y de los procesos a que están sometidos. Se trata de una materia fundamental para identificar los minerales que forman las rocas, lo cual es básico en el grado de geología.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

El principal objetivo de esta materia es que el estudiante adquiera los conocimientos adecuados para conocer y comprender las estructuras cristalinas de los minerales. Conocer los fundamentos de la materia cristalina es básico para el geólogo, ya que constituye la mayor parte de los materiales geológicos.

### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Es una asignatura básica que sirve de apoyo a las que estudian los materiales geológicos, principalmente Mineralogía y Petrología. A su vez, precisa de la ayuda de otras materias básicas, especialmente Matemáticas, Física y Química.

**Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** Conocer, identificar y describir conceptos y principios propios de la Cristalografía

- 2: Relacionar los conceptos propios de la Cristalografía con los de otras materias
- 3: Aplicar el conocimiento adquirido para abordar y resolver casos usuales o nuevos
- 4: Aplicar el conocimiento adquirido para abordar y resolver los problemas cristalográficos más usuales para un geólogo
- 5: Observar, determinar y describir, utilizando el vocabulario adecuado, las propiedades ópticas de los cristales bajo el microscopio de polarización de luz transmitida

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

La Cristalografía es una pieza básica en el entramado de conocimientos del futuro geólogo, y su aprendizaje es fundamental, por sí mismo y por sus relaciones con el resto de disciplinas. El estudio de las estructuras cristalinas supone ejercitarse en las observaciones en detalle, en el análisis sistemático de la información, y en el razonamiento en su interpretación. Comprender el ordenamiento de las estructuras cristalinas es fundamental para el aprovechamiento en el resto de las materias que hacen referencia a la materia cristalina y sus propiedades: Mineralogía, Petrología, Recursos Minerales.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

1: **Prueba global de evaluación**

- A) Examen de teoría 60% de la nota global
  
- B) Exámenes de prácticas 40% de la nota global
  - B1. Cristalografía Geométrica y difracción
  - B2. Microscopía óptica

En la calificación de las pruebas se valorarán la demostración de la asimilación de los conocimientos y el desarrollo de las habilidades correspondientes a la materia. Se tendrá en cuenta especialmente la habilidad para relacionar los conceptos entre sí, elaborar síntesis y encuadrarlos dentro del contexto de la ciencia, así como la claridad y el rigor en la exposición de temas y el uso del vocabulario específico. Por el contrario, la falta de precisión, la incorrección gramatical, y otros defectos en la exposición que dificulten la comprensión de la argumentación se valorarán negativamente en las pruebas escritas.

El uso de la bibliografía recomendada se valorará en la prueba teórica  
Es preciso aprobar las tres pruebas (A, B1 y B2) por separado (con un 5). Las partes aprobadas se considerarán eliminadas a efectos de las convocatorias del curso académico a las que el estudiante tenga derecho.

Calificación numérica en el acta:

En los casos en los que todas las partes examinadas han sido suspendidas o aprobadas, la calificación final

corresponde al promedio ponderado entre la calificación de la teoría y la de las prácticas (60%-40%).

Para aquellos casos en los que un estudiante ha eliminado sólo una parte de la asignatura pero le corresponde la calificación de Suspenso, se ha asignado como valor numérico del suspenso 4.0.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

El curso se imparte en régimen presencial, tanto respecto a la parte teórica como a la práctica. Además de la asistencia y seguimiento de las clases presenciales y de la web de la asignatura, se espera un trabajo personal y continuado del estudiante. Se suministran guiones de los temas que facilitan el seguimiento de las clases, el aprendizaje del vocabulario específico e incluyen las referencias bibliográficas para cada tema. Estos guiones no constituyen los apuntes de la asignatura, sino una mera guía. La consulta de diversas fuentes bibliográficas se considera fundamental para la consecución de los objetivos previstos en la asignatura.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**  
- Clases teóricas: 3.3 ECTS.

Para el desarrollo de estas clases se proporcionará material escrito en el que se detalla la bibliografía de lectura recomendada en cada tema, incluyendo, en algunos casos, los capítulos o las páginas más interesantes en cada caso. En las clases de teoría se comentarán los aspectos diferentes que sean relevantes en cada caso.

#### **Cristalografía geométrica**

1. El concepto de cristal: desarrollo histórico de la Cristalografía. Orden y periodicidad. Propiedades de la materia cristalina.
2. Redes cristalinas. Redes periódicas bidimensionales. Redes de Bravais y sistemas cristalinos. Elementos de las redes periódicas
3. Notaciones cristalográficas: nudos filas y planos. Parámetros de Weiss e índices de Miller. Relación entre morfología y estructura. Leyes empíricas.
4. Zonas cristalográficas.
5. Simetría I. Operaciones de simetría en 2 y 3 dimensiones.
6. Simetría II. Simetría compatible con la traslación. Los 32 grupos puntuales. Sistemas cristalinos y simetría.
7. Morfología cristalina. Formas de los 7 sistemas.
8. Representación gráfica: la proyección estereográfica.

## **Cristalografía estructural y cristalografía química**

9. La simetría de la celda unidad. Grupos espaciales. Posiciones atómicas y posiciones estructurales.
10. Estructuras cristalinas. Principios que rigen la formación de estructuras cristalinas. Leyes de Pauling.
11. Variaciones en la composición química de los cristales. Isomorfismo, soluciones sólidas y estequiometría.
12. La difracción de rayos X por los cristales. Métodos de difracción: fundamentos e información que suministran.

## **Propiedades físicas de los cristales**

13. Introducción a las propiedades físicas de los cristales, y a su relación con la simetría cristalina.
14. Propiedades ópticas 1. Naturaleza de la luz, y otros conceptos básicos.
15. Propiedades ópticas 2. Isotropía y anisotropía óptica. Las superficies ópticas.
16. Propiedades ópticas 3. El microscopio de polarización de luz transmitida.
17. Propiedades ópticas 4. Observaciones ópticas con luz paralela y sin analizador. Determinaciones ópticas con luz paralela y analizador. Determinaciones ópticas con luz convergente.
18. El color de los minerales.
19. Propiedades eléctricas, magnéticas y térmicas.

## **Dinámica cristalina**

20. El cristal real. Defectos cristalinos y dinámica cristalina. Influencia de los defectos en las propiedades físicas de los cristales.
21. Defectos cristalinos: puntuales, lineales, bidimensionales y tridimensionales.
22. Formación y crecimiento de los cristales. Morfología del cristal real. Agregados y maclas.
23. Polimorfismo

### **2:**

Clases prácticas: 3,2 ECTS  
Cristalografía Geométrica y difracción: 1,8 ECTS  
Microscopía óptica: 1,4 ECTS

Programa de Prácticas.

- CRISTALOGRAFÍA GEOMÉTRICA: redes, notaciones y simetría (3 sesiones)
- CRISTALOGRAFÍA GEOMÉTRICA: morfología cristalina y modelos cristalográficos (5 sesiones)
- CRISTALOGRAFÍA ESTRUCTURAL: difracción de rayos X (1 sesión)
- ÓPTICA CRISTALINA: manejo del microscopio de polarización (1 sesión)
- ÓPTICA CRISTALINA: determinaciones ópticas con luz paralela y nícoles paralelos, determinaciones ópticas con luz paralela y nícoles cruzados, determinaciones ópticas con luz convergente (uniáxicos y biáxicos) (4 sesiones)
- ÓPTICA CRISTALINA: descripción de minerales (2 sesiones)

### **3:**

A lo largo del curso, tanto en las clases prácticas, como teóricas se va a usar bibliografía y recursos de internet en inglés. Además, una de las clases teóricas (Tema 11) se impartirá en inglés.

Todas estas actividades se valoran con un 0,5 crédito ECTS en inglés para los estudiantes.

## **Planificación y calendario**

## Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

- \* Inicio de las clases de teoría: al comienzo del 2º cuatrimestre, según el calendario académico
- \* Inicio de las clases de prácticas (Cristalografía Geométrica y difracción: aproximadamente 1 semana después del comienzo del cuatrimestre:
- \* Final del primer bloque de prácticas (Cristalografía Geométrica y difracción): final de Marzo-comienzo de Abril
- \* Comienzo del segundo bloque de prácticas (Microscopía óptica): final de marzo- comienzo de Abril
- \* Final de las clases de teoría: a mitad de Mayo aproximadamente
- \* Final del segundo bloque de prácticas (Microscopía óptica): final de Mayo
  
- \* Última práctica y repaso del primer bloque de prácticas: final de Mayo
- \* Examen de teoría y del primer bloque de práctica: Junio y Septiembre, según el calendario de exámenes
- \* Examen del segundo bloque de prácticas: Junio y Septiembre, según el calendario de exámenes

## Recursos en Internet

### Webs generales y/o específicas de Cristalografía

Existe una web de la asignatura en el ADD de donde los estudiantes pueden descargarse los materiales de la asignatura:

- esquemas de cada tema con los puntos más importantes y la bibliografía correspondiente
- material auxiliar tanto de teoría como de prácticas
- ejercicios propuestos
- webs recomendadas

Además se utiliza como tablón de anuncios tanto para las actividades docentes regladas como para anunciar otros eventos o noticias relacionados con ella.

Algunas webs externas relacionadas con la asignatura y que se recomiendan como consulta:

- *Curso de Cristalografía en español* <http://www.uned.es/cristamine/inicio.htm>
  - *Compilación de diversos materiales didácticos para Cristalografía y Mineralogía*  
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/investig/teaching/pptcrista.htm>  
[http://www.ucm.es/info/crismine/TEXTOS\\_MONOGRAFICOS.htm](http://www.ucm.es/info/crismine/TEXTOS_MONOGRAFICOS.htm)
  - IUCr - CWW Teaching and Education in Crystallography: incluye diversos enlaces de interés para Cristalografía :  
<http://www.iucr.org/cww-top/edu.index.html>
  - *Página sobre Mineralogía que incluye enlaces a temas de Cristalografía:*  
<http://webmineral.com/>
  - *Software de Cristalografía y Mineralogía:* <http://www.minerant.org/software.html>
  - *Curso de Mineralogía:* <http://www.tulane.edu/~sanelson/eens211/#Lecture%20Notes>
- Curso de Cristalografía con notas de óptica en PPT: <http://www.geo.umass.edu/courses/geo311/lectures.html>

*Algunas direcciones de aplicaciones concretas:*

<http://www.rockhounds.com/rockshop/xtal/index.html#index> - *formas cristalinas y minerales que las presentan*

<http://www.eserc.stonybrook.edu/ProjectJava/Bragg/index.html> - *sobre difracción de rayos X*

[http://www.umanitoba.ca/faculties/science/geological\\_sciences/faculty/sherriff/website/2800/2008/OUTLINE.08.htm](http://www.umanitoba.ca/faculties/science/geological_sciences/faculty/sherriff/website/2800/2008/OUTLINE.08.htm) - *Curso de óptica en PPT (buscar Introduction to course)*

**Algunas webs interesantes sobre el microscopio de polarización y su uso:**

<http://www.ugr.es/~minpet/pages/docencia/opticamineral/paginas/propiedades.htm>

<http://edafologia.ugr.es/OptMine/index.htm>

[http://www.ehu.es/mineralogiaoptica/Atlas\\_de\\_Mineralogia\\_Optica/Propiedades\\_Opticas/Propiedades\\_Opticas.html](http://www.ehu.es/mineralogiaoptica/Atlas_de_Mineralogia_Optica/Propiedades_Opticas/Propiedades_Opticas.html)

## Bibliografía básica

### Manuales generales de cristalografía

Existen materiales auxiliares para el aprendizaje disponibles para los estudiantes en la plataforma moodle de la Universidad de Zaragoza. Se incluyen esquemas de cada uno de los temas, así como materiales complementarios tanto para teoría como para prácticas

### Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Amorós, José Luis. El cristal : morfología, estructura y propiedades físicas / José Luis Amorós . - 4a ed. ampl. Madrid : Atlas, D.L. 1990
- Bloss, F. Donald. Crystallography and Crystal Chemistry : an introduction / F. Donald Bloss . - 2nd printing Washington : Mineralogical Society of America, 2000
- Bloss, F. Donald. Introducción a los métodos de cristalografía óptica / F. Donald Bloss ; traducido por Paloma Gastesi ; revisado por José M. Fúster Casas . - 5a. ed. Barcelona : Omega, cop.1994
- Cristalografía / José Ma. Amigó... [et al.] Madrid : Rueda, D.L. 1981
- Frye, Keith. modern mineralogy / Keith Frye New Jersey : Prentice-Hall, cop. 1974
- Galí Medina, Salvador. Cristalografía : teoría reticular, grupos puntuales y grupos espaciales / Salvador Galí Medina . - [1a.ed.] Barcelona : PPU, 1992
- Gay, Peter. Introducción al estado cristalino / Peter Gay ; versión española por E. de la Fuente Cullell ; adaptación C. de la Fuente Cullell . - 1ª ed. Barcelona : Eunibar, 1977
- Hammond, Christopher. The basics of crystallography and diffraction / Christopher Hammond Oxford [etc.] : International Union of Crystallography : Oxford University Press, 1998
- Hibbard, Malcolm J.. Mineralogy : a geologist's point of view / M.J. Hibbard.. - 1st ed. Boston : McGraw-Hill, c2002.
- Kelly, A.. Crystallography and crystal defects / A. Kelly, G.W. Groves, and P. Kidd . - Rev. ed Chichester, England : Wiley, 2000
- Klein, Cornelis. Manual de mineralogía : basado en la obra de J.D. Dana / Cornelis Klein, Cornelius S. Hurlbut, Jr. ; [versión española por J. Aguilar Peris] . - 4a. ed. Barcelona [etc.] : Reverté, D.L. 1996-1997
- Modern crystallography / [edited by] Boris K. Vainshtein. Vol. 1, Fundamentals of crystals : symmetry and methods of structural crystallography / Boris K. Vainshtein . - 2nd enlarged ed Berlin [etc.] : Springer-Verlag, cop. 1994
- Nesse, William D.. Introduction to mineralogy / William D. Nesse New York ; Oxford : Oxford University Press, cop. 2000
- Nesse, William D.. Introduction to optical mineralogy / William D. Nesse . - 2nd ed New York : Oxford University Press, 1991
- Phillips, F.C.. Introducción a la cristalografía / F.C. Phillips ; [traducido por Juan L. Martín Vivaldi] . - 4a. ed Madrid : Paraninfo, 1988
- Putnis, Andrew. Introduction to mineral sciences / Andrew Putnis . - [1st. publ.] [Cambridge] : Cambridge University Press, 1992
- Rodríguez Gallego, M.. La difracción de los rayos X / M. Rodríguez Gallego . - 1a. ed. Madrid : Alhambra, 1982
- Rosenberg, H.M.. El estado sólido : una introducción a la física de los cristales / H.M. Rosenberg ; traducción de Ana Gómez Antón . - [1a ed.] Madrid : Alianza, D.L.1991
- Ruiz Cruz, María Dolores. Introducción a la cristalografía para químicos / María Dolores Ruíz Cruz Málaga : Librería Agora, D.L. 1990
- Santoyo Ramírez, Alicia. Fundamentos de cristalografía geométrica / Alicia Santoyo Ramírez . - 1a. ed. Valencia : López Mezquida, 1981
- Wenk, Hans-Rudolf.. Minerals : their constitution and origin / Hans-Rudolf Wenk and Andrei Bulakh. Cambridge : Cambridge University Press , 2004.