

## **Máster en Iniciación a la Investigación en Geología**

### **60340 - Química mineral en procesos ígneos**

**Guía docente para el curso 2012 - 2013**

**Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 4.0**

---

## **Información básica**

---

### **Profesores**

- **Marceliano Lago San José** mlago@unizar.es

### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Los alumnos que deseen cursar esta asignatura deben tener una buena base en petrología, cristalografía (estructura atómica de los minerales), mineralogía y química mineral; se recomienda haber cursado en sus estudios de grado/licenciatura, las asignaturas optativas con una mayor proximidad de contenidos (Procesos petrogenéticos ígneos, Estructura y propiedades de los minerales, Técnicas instrumentales en Mineralogía). Dado el desarrollo teórico-práctico de los contenidos y su estrecha interrelación, se recomienda al alumno abordar la asignatura con un plan de trabajo continuado, revisando los conocimientos y realizando los trabajos propuestos a diario o con la mayor constancia posible. Se recomienda asimismo hacer uso de las distintas vías de tutoría académica (personal, en las horas indicadas o bien mediante correo electrónico) para resolver las dudas durante el desarrollo de la asignatura.

### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

#### Información específica

Fecha de inicio de la asignatura: por determinar

Fecha de finalización de la asignatura: por determinar

Fecha de entrega de trabajo individual: por determinar

---

## **Inicio**

---

### **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

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

**1:**

Conoce y es capaz de aplicar las técnicas de análisis mineral de uso común en el estudio de rocas ígneas.

**2:**

Es capaz de interpretar la información analítica, relacionando la composición con la estructura de los

minerales y su significado petrogenético.

**3:**

Conoce y es capaz de relacionar la química de los minerales ígneos con la evolución geoquímica de los magmas.

**4:**

Es capaz de aplicar el estudio de los datos de composición mineral para establecer las condiciones de cristalización de los magmas, en geotermobarometría, fugacimetría, cristalización/fusión y diferenciación de magmas.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

En esta asignatura se pretende que los alumnos, partiendo de los conocimientos generales alcanzados en su formación de licenciatura/grado, adquieran las metodologías de trabajo en la investigación de rocas ígneas, basadas en el estudio de la composición mineral. Se analizan en detalle las técnicas de análisis mineral más comunes (microsonda electrónica, ablación láser-ICP-MS), los métodos de tratamiento e interpretación de datos y su aplicación en petrogénesis. Sus contenidos se complementan con los de asignaturas del primer cuatrimestre como "Aplicación de la microscopía electrónica de barrido y transmisión a la Geología" y "Técnicas básicas de investigación en Mineralogía".

---

## 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:**

La investigación en rocas ígneas requiere conocer y saber aplicar las técnicas de estudio a escala de composición mineral y sus relaciones con la composición en roca total y sus variaciones, entroncando con otras materias relacionadas, como la petrología y la petrogénesis. Como objetivo principal de esta asignatura, se pretende que el alumno aprenda a obtener e interpretar, en términos petrogenéticos, los datos de composición mineral, tanto en elementos mayores como traza.

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

Esta asignatura junto con "Metodología de estudio integrado de rocas endógenas" permiten al alumno del Master de Iniciación a la investigación en Geología obtener una formación específica en los métodos de trabajo empleados en estudios petrogenéticos y geoquímicos de rocas ígneas, línea de investigación que se contempla dentro del grupo de investigación consolidado GEOTRANSFER, reconocido por el Gobierno de Aragón. Se trata por lo tanto de una asignatura que permite al alumno especializarse en este campo de conocimiento, perfectamente delimitado y para aquellos alumnos que quieran continuar sus estudios realizando una tesis doctoral sobre rocas endógenas, supone sentar las bases para abordar este objetivo con la formación adecuada.

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

**1:**

Seleccionar las técnicas analíticas más apropiadas para el análisis mineral, partiendo del conocimiento detallado de los requerimientos específicos de cada técnica, de su grado de confianza y del modo de interpretar sus resultados.

**2:**

Analizar, validar e interpretar los resultados del análisis mineral y relacionarlos con el comportamiento de los sistemas ígneos.

**3:** Aplicar los resultados a la definición de parámetros de evolución composicional de los minerales y de los magmas implicados (coeficientes de reparto, estudios de diferenciación).

**4:** Cuantificar los parámetros intensivos (presión , temperatura, fugacidad de oxígeno) alcanzados durante la evolución de los magmas, tanto en contextos de fusión como de cristalización, a partir del estudio de la composición de sus minerales y de sus estados de equilibrio.

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

Permite profundizar en contenidos ya introducidos en algunas asignaturas del grado (o licenciatura) tanto de carácter mineralógico como petrológico y petrogenético, enlazando ambos tipos de contenidos y haciendo especial énfasis en los requisitos prácticos de las técnicas específicas de análisis mineral y en la elaboración e interpretación de sus resultados. Dado el enfoque práctico de la asignatura, capacita al alumno para poder abordar estudios de composición mineral de forma autónoma.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

**1:**

Evaluación continuada, a partir de la resolución de ejercicios prácticos planteados durante las sesiones presenciales, que serán valorados mediante entrega de un breve informe de resultados. La valoración obtenida en esta actividad, mediante media aritmética de las calificaciones obtenidas, supondrá el 45% de la calificación de la asignatura.

**2:**

Elaboración y presentación en público de un trabajo práctico, individual, sobre un tema de investigación en rocas ígneas, planteado en términos de estudio de la composición mineral, propuesto por los profesores de la asignatura y para el cual se facilitarán todos los datos necesarios. Se valorará la capacidad de seleccionar e interpretar correctamente los datos de composición y la aplicación de los resultados al estudio petrogenético del problema planteado. La valoración obtenida en esta actividad supondrá el 55% de la calificación de la asignatura.

**3:**

Las dos actividades de evaluación tienen carácter obligatorio. Cada uno de los ejercicios o trabajos evaluados se calificará de 0 a 10, entendiéndose superado con una calificación igual o superior a 5 puntos. De igual modo, una calificación global igual o superior a 5 puntos, obtenida aplicando las proporciones indicadas, se considerará indicativa de la consecución en conjunto de los resultados de aprendizaje previstos para esta asignatura.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

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

Dado el enfoque esencialmente metodológico y aplicado de esta asignatura, las actividades de aprendizaje diseñadas intentan equilibrar los contenidos teóricos con su aplicación práctica y están orientadas específicamente a que el alumno

adquiera las bases para poder desarrollar un trabajo de investigación que implique la obtención e interpretación de datos de composición mineral, aplicados a rocas ígneas.

## 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:**

Conocimiento y adquisición de la metodología de trabajo en rocas endógenas, con aplicación de técnicas petrológicas y geoquímicas a distintas escalas. Metodología: **clases magistrales participativas, Clases teóricas (12 horas)**: para cada uno de los temas tratados, se realizará una exposición de los contenidos teóricos fundamentales, pasando después a la aplicación de dichos contenidos a casos reales, bien de elaboración propia o publicados en materiales de referencia, motivando al estudiante a valorar su grado de comprensión de la materia mediante el análisis de dichos casos. El temario a abordar incluye:

- Análisis por microsonda electrónica: criterios analíticos y elección de rutinas (mayores y trazas) según las fases minerales.
- Bases cristaloquímicas con significado genético en minerales ígneos comunes:
  - olivino,
  - piroxenos,
  - anfíbol,
  - micas,
  - plagioclasa, feldespatos y feldespatoideos,
  - granate,
  - opacos,
  - minerales accesorios.
- Tratamiento de resultados cuantitativos en asociaciones de rocas básicas para series diversas (alcalina, toleítica, calco-alcalina y potásica): fórmula estructural, clasificación, sustituciones, evolución del líquido y afinidad magmática.
- Concepto de geotermobarometría. Elección y aplicaciones de diversos termómetros. Elección y aplicaciones de barómetros. Inferencia de las condiciones redox. Inferencia de pulsos magnmáticos sucesivos. Relaciones de desequilibrio.
- Identificación de procesos de mezcla. Relaciones de químismo mineral y su roca total: uso de programas para rocas de series magmáticas diversas.
- Análisis por LA-ICP-MS: criterios analíticos, elección de rutinas y tratamiento de datos para composiciones elementales e isotópicas. Interés y aplicaciones en minerales accesorios comunes (monacita, circón, etc.). Aplicaciones geocronológicas y evaluación de datos en minerales y su roca total.

**2:**

**Prácticas de gabinete (28 horas):** Incluyen sesiones prácticas con ordenador, en las que se trabajará con programas y procedimientos de cálculo específicos para el estudio de datos de composición mineral y en roca total, cálculo de parámetros relevantes en petrogénesis y termobarometría. Se desarrollan las siguientes sesiones, de dos horas de duración:

- Análisis por microsonda electrónica (ME). Configuraciones de análisis y selección de patrones y líneas espectrales.
- Análisis por ME. Errores y precisión en los análisis por microsonda. Validación de análisis
- Cálculo de fórmulas estructurales a partir de los análisis por ME: Ferromagnesianos anhidros: Olivino, piroxenos, granate.
- Cálculo de fórmulas estructurales a partir de los análisis por ME: silicatos hidratados (filosilicatos, anfíboles, epidotas).
- Cálculo de fórmulas estructurales a partir de los análisis por ME: aproximaciones a las proporciones de Fe<sup>2+</sup> y Fe<sup>3+</sup> en minerales ferromagnesianos
- Cálculo de fórmulas estructurales a partir de los análisis por ME: Feldespatos, feldespatoideos y otros minerales.
- Estudio de relaciones composicionales a partir de los análisis I: relación composición-estructura: llenado de posiciones estructurales; equilibrio eléctrico, sustituciones y vacancias.
- Estudio de relaciones composicionales a partir de los análisis II: evolución composicional, variaciones en los mecanismos sustitucionales.
- Integración de los parámetros evolutivos obtenidos de diferentes minerales en una misma roca.
- Aplicación de la composición al estudio de series de rocas ígneas: afinidad, condiciones de evolución, procesos petrogenéticos.

- Análisis por LA-ICP-MS. Protocolo de trabajo: análisis de blancos, estándares y muestra. Transformación de resultados y estudio de la deriva instrumental.
- Análisis por LA-ICP-MS. Validación y tratamiento de análisis.
- Análisis por LA-ICP-MS. Estudio de las pautas de composición mineral en elementos traza.
- Análisis por LA-ICP-MS. Coeficientes de reparto. Aplicación al estudio de procesos ígneos.
- Análisis por LA-ICP-MS. Aplicación a la geocronología.
- Termobarometría I: verificación de los estados de equilibrio a partir de análisis de asociaciones minerales
- Termobarometría II: Termómetros y barómetros mineral-mineral, basados en reacciones de intercambio y de transferencia neta.
- Termobarometría III: Termómetros mineral-líquido
- Termobarometría IV: aplicación a la fugacimetría e higrometría.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

La asignatura tiene 4 créditos ECTS (100 horas de trabajo del estudiante) que se reparten como sigue:

- 12 horas de clase magistral, casos prácticos y presentación de trabajos (Actividad 1)
- 28 horas de prácticas de gabinete (Actividad 2)
- 60 horas de trabajo personal (estudio, elaboración de trabajos y trabajo práctico individual)

El horario previsto será:

Lunes de 17.30 a 19.30 y Jueves de 16.30 a 18.30

Lugar de impartición:

Las sesiones se impartirán en el Aula designada por Decanato para tal efecto.

Presentación de trabajos:

Los informes de resultados de las prácticas de gabinete se entregarán la semana siguiente a su realización.

El informe final con el trabajo personal deberá entregarse en la fecha indicada (27 de Mayo), posibilitando su presentación en la sesión de la semana siguiente que se acuerde.

## Recursos

### Bibliografía

- Deer, W.A., Howie, R.A. y Zussman, J. (1992). An introduction to the rock-forming minerals. 2nd ed. Longman Scientific & Technical, 696 pp.
- López-Ruiz, J. y Adeva, P. (1996): Análisis cuantitativo. Cap. 17, In: Microscopía electrónica de barrido y microanálisis por Rayos X (M. Aballe, J. López-Ruiz, J-M. Badía & P. Adeva, Eds.), CSIC, Edit. Rueda, Madrid, 291-313.
- Reed, S.J.B. (1996): Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in Geology. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 201 pp.
- Sylvester, P. (Ed.)(2001): Laser Ablation ICPMS in the Earth Sciences: Principles and Applications, Mineralogical Association of Canada Short Course Series Vol. 29, ED. Mineralogical Association of Canada, St John's, Newfoundland, 243 pp.

### Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Deer, W. A.. An introduction to the rock-forming minerals / W.A. Deer, R.A. Howie, J. Zussman . - 2nd. ed. [Harlow, England] : Longman Scientific & Technical, 1992
- Lopez Ruiz, J. Análisis cuantitativo. (Cap. 17). En: Microscopía electrónica de barrido y microanálisis por rayos x / coordinadores, M. Aballe ... [et al.]. Madrid : CSIC : Rueda, D.L. 1996
- Reed, S.J.B.. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in Geology. Cambridge University Press, 1996