

# PETROGÉNESIS

Curso 2019-2020

(Fecha última modificación: 29/4/2019)

(Fecha aprobación Junta de Departamento: 14/5/2019)

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Petrología y Geoquímica	Petrogénesis	4º	2º	6	Optativa
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Antonio García Casco (AGC). Catedrático de Universidad</li> <li>Juan Manuel Fernández Soler (JMFS). Profesor Titular de Universidad</li> </ul>			Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias. 1ª planta de Geológicas. Despacho nº 7 (JMFS) y 2ª planta despacho nº 14 (AGC) Teléfonos: 958246612 (JMFS), 958246613 (AGC) E-mail: <a href="mailto:jmfsoler@ugr.es">jmfsoler@ugr.es</a> y <a href="mailto:agcasco@ugr.es">agcasco@ugr.es</a>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lunes, martes y miércoles, de 13 a 15 horas (AGC)</li> <li>Lunes, martes, miércoles de 11 a 13 horas (JMFS)</li> </ul> (consulte posibles actualizaciones) en la página web del departamento: <a href="http://www.ugr.es/~minpet/">http://www.ugr.es/~minpet/</a> o en Acceso identificado de la UGR		
<b>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Geología					
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>					
Esta asignatura se fundamenta y avanza sobre las materias cursadas en la asignatura troncal de “Petrología” (3º), que por tanto debería haberse cursado y superado previamente. Los contenidos se apoyan y complementan también con los de la asignatura optativa de “Geología Química”, que por tanto debería haberse cursado o cursarse simultáneamente. En concreto se requiere tener conocimientos adecuados sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundamentos de Mineralogía, Petrología y Geoquímica.</li> <li>Identificación mineral y petrografía óptica. Composición mineral y fórmulas estructurales.</li> <li>Bases de equilibrio químico y utilización de diagramas de fase elementales.</li> <li>Técnicas comunes de trabajo geológico en campo y gabinete.</li> </ul>					



## BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

Se plantea esta asignatura como una continuación de la asignatura troncal de Petrología, en la que se presentan las nociones introductorias relativas a la sistemática, reconocimiento e interpretación de las rocas ígneas y metamórficas. En esta continuación se abordan en mayor profundidad los aspectos teóricos y metodológicos, así como su relevancia e incardinación en el desarrollo de modelos geodinámicos.

En la parte de Petrogénesis Metamórfica se abordará fundamentalmente la modelización termodinámica de las asociaciones minerales metamórficas, la metodología asociada a la reconstrucción e interpretación de las trayectorias metamórficas y las implicaciones de estas últimas como herramienta geodinámica.

En la parte de Petrogénesis Ígnea se tratarán los mecanismos de fusión en la corteza y manto terrestres, y los mecanismos de evolución magmática, y se interpretan éstos mediante diagramas de fase y herramientas de modelización geoquímica. Se aplican estas consideraciones a la génesis de las principales asociaciones magmáticas.

## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

De acuerdo con la memoria de Verificación del Grado en Ciencias Geológicas en esta signatura se contribuye a la adquisición de las siguientes Competencias Genéricas (CG) y Competencias Específicas (CE):

### COMPETENCIAS GENÉRICAS y ESPECÍFICAS

- CG 1 Capacidad de análisis y síntesis.
- CG 2 Capacidad para pensar reflexivamente.
- CG 3 Capacidad de resolver problemas.
- CG 4 Capacidad para aplicar conocimientos a la práctica.
- CG 7 Capacidad para trabajar y tomar decisiones de forma autónoma.
- CG 9 Motivación por una formación integral.
- CG 10 Trabajo en equipos de carácter multidisciplinar.
  
- CE-1A. Relacionar las propiedades físicas de la materia con su estructura. Saber identificar y caracterizar minerales y rocas mediante técnicas instrumentales comunes, así como determinar sus ambientes de formación y sus aplicaciones industriales.
- CE-1B. Conocer y valorar las aportaciones de los diferentes métodos geofísicos y geoquímicos al conocimiento de la Tierra.
- CE-2A. Reconocer los minerales, las rocas y sus asociaciones, los procesos que las generan y su dimensión temporal.
- CE-2B. Saber relacionar tipos de rocas con ambientes geodinámicos.
- CE-2C Tener una visión general de la geología a escala global y regional.
- CE-5A. Preparar, procesar, interpretar y presentar datos usando las técnicas cualitativas y cuantitativas adecuadas, así como los programas informáticos apropiados.
- CE-5D. Integrar datos de campo y/o laboratorio con la teoría siguiendo una secuencia de observación, reconocimiento, síntesis y modelización.

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)



- Conocer los procesos de génesis y evolución de las asociaciones ígneas/metamórficas y su modelización.
- Interpretar procesos petrológicos empleando diagramas y equilibrios de fase, datos geoquímicos y petrográficos.
- Conocer los caracteres genéticos de las principales asociaciones de rocas ígneas.
- Reconocer el contexto geodinámico de formación de las rocas ígneas a partir de sus caracteres composicionales.
- Conocer y usar la metodología computacional asociada a la modelización de sistemas/asociaciones metamórficas.
- Conocer y evaluar la problemática asociada a la reconstrucción/interpretación de las trayectorias metamórficas.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO DE TEORÍA

#### PARTE I. PETROGENESIS METAMÓRFICA (AGC)

- Tema 1. Introducción al metamorfismo y procesos metamórficos y su relación con procesos geodinámicos.
- Tema 2. Geodinámica, flujo de calor y metamorfismo.
- Tema 3. Equilibrios de fases homogéneos y heterogéneos. Sistemas modelo como análogos naturales. El espacio composicional: Minerales y asociaciones minerales. Análisis Gráfico y algebraico del espacio composicional.
- Tema 4. Fundamentos termodinámicos.
- Tema 5. Metamorfismo de rocas comunes. Pelitas, rocas cuarzofeldespáticas, rocas máficas, carbonatos impuros y rocas de silicatos cálcicos, rocas ultramáficas.
- Tema 6. Equilibrios de fases: Geotermobarometría. Relaciones P-T-X-M/V. Pseudosecciones. Interpretación de minerales zonados. Composición y efectos de los fluidos metamórficos Historias P-T-t.
- Tema 7. Trayectorias P-T y evolución geodinámica: Ejemplos.

#### PARTE II. PETROGENESIS ÍGNEA (JMFS)

- Tema 8. PROCESOS DE EVOLUCIÓN MAGMÁTICA. Variabilidad composicional de los magmas. Diagramas de variación. Índices de diferenciación. Mecanismos físicos de diferenciación. Grado de fusión parcial. Fraccionamiento cristal-líquido. Cámaras magmáticas. Fraccionamiento en estado líquido. Inmiscibilidad. Fraccionamiento vapor-líquido. Mezcla de magmas. Asimilación. Otros procesos. Texturas cumuladas. Intrusiones máficas estratificadas.
- Tema 9. GEOQUÍMICA DE LOS PROCESOS MAGMÁTICOS: Interpretación de diagramas de variación. Elementos mayores. Elementos traza. Tierras Raras. Composición isotópica y heterogeneidad del manto. Modelos de fusión parcial. Modelos de Cristalización Fraccional. Modelos de mezcla.
- Tema 10. FUSIÓN EN EL MANTO: Composición, estructura y estado térmico del Manto Terrestre. Mecanismos de fusión y diagramas de fase. Magmas primarios. Segregación de magmas. Fusión en márgenes divergentes. Fusión y plumas del manto. Islas oceánicas y LIPs. Generación de magmas alcalinos en



el manto metasomatizado.

Tema 11. MAGMATISMO EN ZONA DE SUBDUCCIÓN. Magmatismo en márgenes convergentes: Arcos de isla. Arcos continentales. Caracteres geoquímicos. Procesos petrogenéticos en zonas de subducción. Papel de los volátiles.

Tema 12. FUSIÓN EN LA CORTEZA CONTINENTAL y génesis de granitoides. Sistemas haplograníticos. Mecanismos de fusión. Composición de los fundidos. Residuos cristalinos. Migmatitas. Segregación de fundidos. Clasificaciones de granitoides. Clasificación SIAM, Clasificación según el ambiente tectónico.

#### TEMARIO PRÁCTICO

##### Prácticas de laboratorio/gabinete

- a) Petrografía óptica de rocas seleccionadas.
- b) Petrografía química de rocas seleccionadas (imágenes BSE y mapas de RX).
- c) Cálculo del espacio composicional y reaccional aplicado a rocas seleccionadas.
- d) Cálculo de P y T aplicado a rocas seleccionadas.
- e) Modelización numérica de los sistemas magmáticos (I): interpretación de diagramas de variación y cálculos de balances de masa.
- f) Modelización numérica de los sistemas magmáticos (II): interpretación y modelización petrogenética a partir de elementos traza.
- g) Prácticas de microscopio: Evaluación de procesos petrogenéticos a partir de caracteres texturales. Estudio microscópico de suites magmáticas concretas, fundamentalmente de provincias magmáticas españolas.

##### Prácticas de campo

- h) Excursión (1 día): Observaciones sobre el terreno de rocas metamórficas (por su limitación temporal, esta excursión se realizará en la Cordillera Bética).

#### BIBLIOGRAFÍA

##### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

##### PARTE I: PETROGÉNESIS METAMÓRFICA

- SPEAR, F.S. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time paths*. Mineralogical Society of America. Monograph, 799 pp. (1993)

##### PARTE II: PETROGÉNESIS ÍGNEA

- WILSON M. (1989). *Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach*. Unwin Hyman, 466 págs.

##### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

##### COMÚN

- BEST, M.G. (2002) 2ª edición. *Igneous and Metamorphic Petrology*. Blackwell, 756 págs.
- PHILPOTTS, A.R. y AGUE, J.J. (2009) *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology* (2ª edición). Cambridge Univ. Press, 667 págs.
- WINTER, J.D. (2009) 2ª edición, *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology, International Edition*. Pearson Prentice Hall, 702 págs.



## PARTE I: PETROGÉNESIS METAMÓRFICA

- ZEN, E-AN. *Construction of pressure-temperature diagrams for multicomponent systems after the method of Schreinemakers. A geometric approach.* Geol. Sur. Bull. (1966).
- NORDSTROM, D.K. y MUNOZ, J.L. *Geochemical Thermodynamics.* Blackwell Scientific Publications. (1986).
- T. Will (revisado 2006) *Phase equilibria in metamorphic rocks.* Lectures notes in Earth Sciences. (S. Bhattacharji, G.M. Friedman, H.J. Neugebauer y A. Seilacher) (eds.) 1ª versión 1998. Springer, Berlín, 299 págs. (Sólo on-line: <http://www.springerlink.com/content/g088m5475034/?v=editorial>).
- VERNON, R.H. y CLARK, G.L. (2008) *Principles of metamorphic petrology.* Cambridge University Press, 446 págs.
- SPEAR, F.S. et al., (1982) *Characterization of metamorphism through the mineral equilibria..* Cap. 3 y 4. Reviews in Mineralogy nº 10 (J.M. Ferry ed.) (1982).

## PARTE II: PETROGÉNESIS ÍGNEA

- GILL, R. (2010) *Igneous Rocks and Processes: a Practical Handbook.* Wiley, 440 págs.
- HESS, P.C. (1988). *Origins of Igneous Rocks.* Harvard University Press, 335 págs.
- MCBIRNEY A.R. (1984). *Igneous Petrology.* Freeman, Cooper & Co., S.Francisco, 505 págs. (2ª edición)
- EHLERS, E.C. (1972). *The Interpretation of Geological Phase Diagrams.* W.H. Freeman & Co., 280 págs
- ROLLINSON, H. R. (1993) *Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation.* Longman. 352 págs.

## ENLACES RECOMENDADOS

GEOKEM - An Electronic Reference Text of Igneous Geochemistry: <http://www.geokem.com/>  
GERM (Geochemical Earth Reference Model) <http://earthref.org/GERM/>  
Teaching Phase Diagrams: [http://serc.carleton.edu/research\\_education/equilibria/index.html](http://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/index.html)  
MELTS Software: <http://melts.ofm-research.org/index.html>  
Projected Phase diagrams: <http://www.tulane.edu/~sanelson/eens212/>  
Trayectorias P-T: <http://www.earth.ox.ac.uk/~davewa/research/useful.html>  
Aplicaciones del método de Gibbs al equilibrio mineral:  
<http://ees2.geo.rpi.edu/MetaPetaRen/Software/Software.html>  
Web personal de Antonio García Casco (Curso Petrología Metamórfica, IUGS\_SCMR, Geotermobarometría, Curso: Metamorfismo como herramienta geodinámica, Análisis de Sistemas Heterogéneos, CSpace, Imágenes de RX, Prop Físicoq. Magmas, Tutor de Petrología, Grupo de Petrología Geoquim y Geocron (SGE), e research Group RMN302, IGCP 546 Caribbean Subduction, Enlaces de interés): <https://www.ugr.es/~agcasco/personal/>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- Lecciones magistrales (clases de teoría).
- Seminarios y talleres.
- Sesiones de trabajo de visu y microscopio.
- Problemas y tareas numéricas.
- Actividades no presenciales individuales (resolución de problemas y tareas encomendadas).
- Jornada de trabajo de campo (1 día)
- Tutorías académicas (individuales o en grupo, especialmente para las clases prácticas).



## **EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)**

### **INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN**

- Exámenes escritos sobre el programa de teoría y explicaciones prácticas (dos pruebas intermedias, una para cada parte de la asignatura, más una prueba final): 60% de la nota final (Mínimo para aprobar, 5 sobre 10 en el total de exámenes).
- La asistencia continuada a clases teóricas (más de un 70%) se valorará con hasta un 10% en la nota final.
- La calificación de las prácticas de laboratorio/gabinete y campo, junto con el desarrollo de trabajos escritos y/o asignaciones de problemas representa el 30 % de la nota final. Se requiere un mínimo de 70% de asistencia a las sesiones prácticas, más la resolución de los cuestionarios o informes correspondientes, para poder aprobar la parte práctica.
- Desarrollo de trabajos escritos y/o asignaciones de problemas, y discusión con el profesor: 15%

### **CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

- Valoración del dominio de los contenidos teóricos y prácticos (exámenes escritos).
- Valoración del trabajo de laboratorio, atendiendo a la actitud activa del alumno, y a la presentación, claridad, y nivel científico en la elaboración de las notas y libretas de prácticas.
- Grado de implicación y actitud del alumno manifestadas en su participación en las consultas (tutorías) y en la elaboración de los trabajos individuales o en equipo.
- Asistencia a clase (especialmente a las clases prácticas y al trabajo en campo), seminarios, tutorías y sesiones en grupo.

### **EVALUACIÓN ÚNICA FINAL**

Se podrá solicitar la realización de una evaluación única final a la que podrán acogerse aquellos estudiantes que no puedan cumplir con el método de evaluación continua por motivos laborales, estado de salud, discapacidad, programas de movilidad o cualquier otra causa debidamente justificada que les impida seguir el régimen de evaluación continua.

Para solicitar la evaluación única, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de la asignatura, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, al Director del Departamento, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua tal como indican el Artículo 6, punto 2 y Artículo 8 en la Normativa de evaluación y de calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada del 9 de noviembre de 2016

([http://secretariageneral.ugr.es/bougr/pages/bougr112/\\_doc/examenes/!](http://secretariageneral.ugr.es/bougr/pages/bougr112/_doc/examenes/) )

Se realizará en un solo acto académico que incluirá una prueba de teoría y otra de prácticas de laboratorio (microscopio/visu), con un valor de 70% y 30% respectivamente.

### **CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA**

Para aprobar la asignatura es necesario obtener una calificación igual o superior a 5 en el total de la asignatura. La convocatoria extraordinaria se realizará en un solo acto académico que incluirá una prueba de teoría y otra de prácticas de laboratorio (microscopio/visu/problemas), con una valoración de 80% y 20% respectivamente (con diferenciación de las materias parciales de las partes Ígnea y metamórfica). Además, es imprescindible obtener un mínimo de 5 sobre 10 en el examen teórico para poder aprobar. Se conservan



las notas de parciales de teoría aprobados en la convocatoria ordinaria.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

En esta asignatura se hace uso de la plataforma docente PRADO (<http://pradogrado.ugr.es>) de la Universidad de Granada.

