

Guía docente de la asignatura

**Análisis Geoquímico de  
Geomateriales (M45/56/2/3)**Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 14/07/2022**Máster**Máster Universitario en Geología Aplicada a los Recursos Minerales  
y Energéticos (Georec)**MÓDULO**

Técnicas y Métodos Instrumentales Generales

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE  
DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

3

**Tipo**

Obligatorio

**Tipo de  
enseñanza**Semipre  
sencial**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

No procede.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)**

Curso teórico-práctico sobre las principales técnicas analíticas de materiales geológicos, tanto análisis elemental como isotópico. Incluye dos partes:

- Técnicas de preparación de muestras y métodos de análisis elemental (XRF, AAS, emisión óptica, e ICP-MS) e isotópico (TIMS, SIMS). Se explican los fundamentos de otras técnicas (INAA, etc.).
- Métodos de análisis de isótopos estables de elementos ligeros como C, O, H, N en muestras líquidas y sólidas.

Se pondrá especial hincapié en distinguir las diferentes técnicas de análisis requeridas según el tipo de material a analizar.

Así mismo, se mostrará el funcionamiento de los diferentes espectrómetros de masas de gases de elementos ligeros existentes en las instalaciones del Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la UGR.

Finalmente, se hará una comparativa de las capacidades analíticas de cada procedimiento,



control de calidad, y estudio de ventajas e inconvenientes de cada técnica, con vistas a la resolución de problemas geológicos comunes. Esto incluye la evaluación de las ofertas analíticas de varios laboratorios, tanto académicos como comerciales, para la exploración geoquímica.

Parte de las prácticas se realizan en el Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la UGR.

## COMPETENCIAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Adquirir habilidades y destrezas generales basadas en el método científico que le permitan adquirir y desarrollar aquellas otras específicas de su conocimiento y ámbito de trabajo.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE02 - Saber aplicar técnicas de análisis mineralógico y técnicas geoquímicas de análisis elemental e isotópico (estables y radioactivos) avanzadas de utilidad para la caracterización de materiales geológicos.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de análisis y síntesis desarrollada a partir de un pensamiento reflexivo
- CT02 - Resolución de problemas y toma de decisiones
- CT03 - Conocimiento y uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) y de los recursos informáticos relativos al ámbito de estudio
- CT04 - Comunicación verbal y escrita

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)



- El alumno conocerá los fundamentos de las principales técnicas de análisis instrumental, aplicado a las Ciencias de la Tierra, para la determinación de concentraciones de elementos químicos e isótopos.
- El alumno sabrá aplicar métodos de preparación de muestras geológicas para su análisis instrumental.
- El alumno sabrá valorar la calidad de los datos analíticos obtenibles.
- El alumno conocerá las ventajas e inconvenientes de cada técnica en función de los datos, tipo de investigación, y objetivos deseados.
- El alumno desarrollará criterios que orienten a seleccionar la técnica más apropiada para cada problema en una investigación que emplee datos geoquímicos.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

1. Objeto del curso. Conceptos y términos básicos del análisis geoquímico. Calibrado instrumental y Patrones. QA-QC.
2. Trituración y molienda de rocas. Métodos de puesta en disolución de materiales geológicos. Concentración y purificación de elementos.
3. Métodos de Espectrometría de Emisión Óptica: ICP-AES. Fotometría de llama. Otros.
4. Métodos de Absorción Atómica: AAS en llama y horno de grafito. Generación de hidruros. Colorimetría.
5. Métodos de emisión y fluorescencia de RX (XRF). Sistemas clásicos: WDSXRF, EDXRF.
6. Avances en análisis con XRF: micro-XRF, PXRF. Otras técnicas relacionadas.
7. Espectrometría de masas: Fundamentos. Fuentes de iones. Discriminación de masas por cuadrupolo o sector magnético.
8. ICP-MS. Análisis en solución líquida y microanálisis mediante Ablación con Laser (LA-ICP-MS).
9. Dilución isotópica. TIMS. MC-ICP-MS.
10. Espectrómetros de masa de iones secundarios: Microanálisis con SIMS y SHRIMP. Capacidad y algunos usos.
11. Introducción y fundamentos de las relaciones de isótopos estables. Ejemplos de aplicaciones.
12. Tipo de Espectrómetros de masas de relaciones isotópicas (IRMS): Sistema de flujo continuo. Sistema de entrada doble.

### PRÁCTICO

- Visita a algunos de los laboratorios geoquímicos del Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la UGR.
- Visita a los laboratorios de ICP-MS del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT, CSIC-UGR).
- Problemas de tratamiento de datos geoquímicos.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- POTTS, P.J. (1987) A handbook of silicate rock analysis. Blackie.



- GILL, R. (1997) *Modern Analytical Geochemistry: an introduction to quantitative chemical analysis for earth, environmental and materials sciences*. Addison Wesley Longman.
- RIDDLE, C. (1993) *Analysis of Geological Materials*. Ed. Marcel Dekker, Inc.
- Ríos Castro, A., et al. (coords.) (2012) *Técnicas espectroscópicas en química analítica*. Ed. Síntesis. 2 vols., (especialmente Volumen II: Espectrometría atómica, de iones y electrons. 314 págs).
- G.E.M. HALL (ed.) (1994) *Geoanalysis*. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol. 44(1) (special issue). Elsevier. 340 págs.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- McKibben, M. A., W. C. Shanks, et al. (1998). *Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes*. *Reviews in Economic Geology* Vol. 7. Society of Economic Geologists.
- Potts, P.J. et al. (eds.) (1995) *Microprobe Techniques in the Earth Sciences*. Blackie, 419 págs.
- *Principios de Análisis Instrumental* 5ª ed. (2001) Skoog, D.A., F.J. Holler y T.A. Nieman. McGraw Hill. 1028 págs. (también 6ª edición)
- *Análisis Instrumental* (2001) Rubinson, K.A. y Rubinson, J.F. Prentice Hall. 8
- 72 págs.
- *Analytical methods for chemical analysis of geologic and other materials*, U.S. Geological Survey (2002) Joseph E. Taggart, Jr. U.S. Geological Survey Open-File Report 02-0223. Version 5.0 ([Analytical methods for chemical analysis of geologic and other materials](#))

## ICP-AES

- *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry* (1997) C.B. Boss y K.J. Fredeen. Perkin Elmer. 125 págs.
- *Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry* (1989). M. Thompson y J.N. Walsh. Blackie. 316 págs.
- *ICP Emission Spectrometry: A Practical Guide* (2003) J. Nölte. Wiley 274 págs.
- *Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy* (2005) J. R. Dean. Wiley and sons. 284 págs.
- *Inductively Coupled Plasma Spectrometry and its Applications* (2007) S.J. Hill (ed). Balckwell publ. 427 págs.

## AAS

- *Espectroscopía de Absorción Atómica* (1980) L. Ximénez Herraiz. Ed. Publicaciones Analíticas. 2 vols.
- *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry* (1993) Beaty RF y Kerber, JD. Perkin Elmer. 96 págs.
- *Atomic absorption spectrometry in geology* (1972) Angino, E. E. Elsevier, 191 p.
- Aller Fernández, A.J. (1987) *Espectroscopía de absorción atómica analítica*, 282 págs. Universidad de León

## XRF

- *Handbook of X-Ray Spectrometry Revised and Expanded (Practical Spectroscopy, V. 29)* Rene Van Grieken, A. Markowicz (Eds.) (2001) 2nd edition, CRC press. 1016 págs.
- *Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis* (2006) B. Beckhoff. Springer, 863 págs.



- Ahmedali, S.T. (ed.) (1989) X-Ray Fluorescence Analysis in the Geological Sciences: Advances in Methodology. Short Course Vol.7. Geological Society of Canada. 297 pp.
- Bermudez Polonio, J. (1967) Teoría y práctica de la espectroscopia de rayos X. Edit. Alhambra S.A. 267 pp.
- Bertin, E.P. (1975) Principles and Practice of X-ray Spectrometric Analysis, 2ª ed. Plenum, Nueva York.
- Williams, K.L. (1977) Introduction to X-ray Spectrometry. Allen & Unwin.
- Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF). Guide to XRF Basics. (2006) Bruker AXS, 56 págs.
- Potts, P.J. y West M. (2008). Portable X-ray Fluorescence Spectrometry: Capabilities for In Situ Analysis. Royal Soc of Chemistry 291 págs.
- Haschke, M. (2014) Laboratory Micro-X-Ray Fluorescence Spectroscopy. Springer, 356 págs.

#### ICP-MS

- A Beginner's Guide to ICP-MS. (2001 y posteriores) Thomas, R. En revista Spectroscopy Vol. 16(4), p38 (varios en sucesivos años)
- Practical Guide to ICP-MS: A Tutorial for Beginners, Second Edition (Practical Spectroscopy) (2008) Robert Thomas. CRC press. 376 págs.
- Inductively Coupled Plasma Spectrometry and its Applications (2007) S.J. Hill (ed.) Blackwell, 427 págs.
- Isotopic Analysis: Fundamentals and Applications Using ICP-MS. (2012) F. Vanhaecke, P. Degryse (eds.) Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 529 págs.
- Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Handbook (2005) S. Nelms (Ed.) Blackwell, 485 págs.

#### LA-ICP-MS

- Laser Ablation-ICPMS in the Earth Sciences: Principles and Applications (2001) P. Sylvester (ed.) Mineralogical Association of Canada Short Course Volume 29, 243 págs.
- Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues (2008) P. Sylvester (ed.) Mineralogical Association of Canada Short Course Volume 40. 356 págs.

#### IRMS

- de Groot, P.A. (2004) "Handbook of Stable Isotope Analytical Techniques", Vol.I, Elsevier B.V., The Netherlands. pp.1234.
- de Groot, P.A. (2008) "Handbook of Stable Isotope Analytical Techniques", Vol.II, Elsevier B.V., The Netherlands. pp.1398.
- Hoefs, J. (1996) Stable Isotope Geochemistry, 4th Edition, Berlin, Heidelberg and New York (Springer-Verlag).

#### ENLACES RECOMENDADOS

- Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada ([CIC](#))
- Analytical methods for chemical analysis of geologic and other materials, U.S. Geological Survey (2002) Joseph E. Taggart, Jr. U.S. Geological Survey Open-File Report 02-0223. Version 5.0 ([Analytical methods for chemical analysis of geologic and other materials](#))



## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Clases expositivas
- MD02 Trabajos supervisados
- MD03 Orientación y tutorización
- MD04 Discusión con los estudiantes
- MD06 Resolución de casos prácticos
- MD07 Desarrollo de foros on-line de debate, de trabajo, de información, de consultas.
- MD08 Material audiovisual editado por el profesor (Presentaciones con audio, capturas de pantalla con video, grabación de clases, páginas web)

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

#### INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

- Exámenes (valor 50%):
  - Examen online de la parte virtual (al final del periodo de docencia virtual), a realizar a través de la plataforma PRADO y/o Google Meet.
  - Examen presencial escrito, sobre el programa de teoría y explicaciones prácticas, de la parte presencial de la asignatura.
- Resolución de casos prácticos y asignaciones de problemas (valor 20%)
- Casos de estudio sobre trabajos reales que empleen datos geoquímicos: breve memoria sobre la calidad de los datos geoquímicos (valor 15%)
- Cuestionarios de tipo test como evaluación continuada y medida de participación activa, intercalados entre las sesiones teóricas (valor 15%)

#### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Valoración del dominio de los contenidos teóricos y prácticos (exámenes escritos y online).
- Valoración de los trabajos y ejercicios realizados, atendiendo a la presentación, redacción y claridad de ideas, estructura y nivel científico, creatividad, y justificación de lo que argumenta.
- Grado de participación activa del alumno en la asignatura.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

Para los alumnos que se presenten a la convocatoria extraordinaria, la evaluación se realizará en un solo acto académico que incluirá un examen presencial escrito basado en cuestiones de tipo test, respuesta breve, reflexión y resolución de problemas básicos, cubriendo todos los contenidos impartidos en la asignatura.



Criterios de evaluación: Valoración del dominio de los contenidos teóricos y prácticos.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, 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 las clases o por causa sobrevenidas, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en un examen presencial escrito basado en cuestiones de tipo test, respuesta breve, reflexión y resolución de problemas, cubriendo todos los contenidos impartidos en la asignatura.

Criterios de evaluación: Valoración del dominio de los contenidos teóricos y prácticos.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

La asistencia a la parte práctica de la asignatura es obligatoria (dispensable con justificación).

