



Facultad de  
Ciencias Geológicas

---

# Licenciatura en Geología

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS

# LICENCIATURA EN GEOLOGÍA

Plan de Estudios 1994  
Programas de Asignaturas



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
MADRID 1998

*Plan de Estudios aprobado por Resolución de 5 de Septiembre de 1994.  
(B.O.E. 27-9-94)*

© UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
Facultad de Ciencias Geológicas

Printed in Spain-Impreso en España

Depósito Legal: S. 78-1998

Fotomecánica e impresión:  
Gráficas VARONA  
Polígono «El Montalvo», parcela 49  
37008 Salamanca

# ÍNDICE

## 1. PLAN DE ESTUDIOS

Objetivos formativos generales.....	11
Áreas de actuación profesional del titulado.....	11
Estructura general y distribución de los créditos.....	11
Ordenación temporal.....	12
Especialidades.....	17
Créditos por equivalencia.....	17
Organización académica de las actividades de Campo.....	17
Prerrequisitos.....	17

## 2. PROGRAMAS DE LAS ASIGNATURAS

### *Primer Curso*

Cartografía Básica (105).....	21
Cristalografía I (100).....	23
Cristalografía II (106).....	25
Física (102).....	27
Geoestadística (107).....	31
Geomorfología (101).....	33
Matemáticas (103).....	35
Química (104).....	36

### *Segundo Curso*

Análisis Geomorfológico (112).....	39
Estratigrafía (110).....	42
Geología Estructural I (109).....	44
Mineralogía I (108).....	48
Mineralogía II (113).....	50
Paleontología (111).....	53
Paleontología Aplicada (114).....	56
Termodinámica Química (115).....	59

### *Tercer Curso*

Medios Sedimentarios (119).....	61
Petrología Ígnea y Metamórfica I (117).....	63
Petrología Ígnea y Metamórfica II (120).....	66
Petrología Sedimentaria I (116).....	69
Petrología Sedimentaria II (122).....	71
Tectónica (121).....	74
Trabajo de Campo (118).....	77

Biosedimentación (125).....	78
Cartografía Geológica (124).....	81
Técnicas de Caracterización Mineral (123).....	83
<i>Cuarto Curso</i>	
Geofísica (126).....	85
Geología Ambiental (134).....	88
Geología de España (136).....	90
Geología Histórica (135).....	92
Geoquímica (137).....	94
Hidrogeología (130).....	97
Ingeniería Geológica (131).....	100
Prospección Geofísica I (132).....	103
Prospección Geoquímica y Geoquímica Ambiental (133).....	104
Recursos Energéticos: Geología del Carbón (129).....	106
Recursos Energéticos: Geología del Petróleo (128).....	108
Recursos Minerales (127).....	110
Ampliación de Mineralogía. Comportamiento Mineral (139).....	112
Criterios de Reconstrucción Paleogeográfica (140).....	114
Génesis y Evolución de Cuencas (141).....	116
Geología Marina (142).....	118
Mapas Estratigráficos (143).....	120
Micropaleontología General (144).....	121
Paleoecología (145).....	124
Petrofísica (138).....	126
<i>Quinto Curso</i>	
Geología de Campo (146).....	129
Estructura y Propiedades Físicas de los Minerales (147).....	130
Geología de Minas (148).....	132
Minerales Industriales (149).....	135
Minerales de Interés Gemológico (150).....	138
Mineralogía de Menas (151).....	140
Prospección Geofísica II (152).....	142
Rocas Industriales (153).....	145
Yacimientos Sedimentarios (154).....	148
Análisis Geoambiental y Planificación Territorial (155).....	150
Cartografía Medioambiental y Teledetección (156).....	152
Edafología I (157).....	155
Edafología II (158).....	157
Hidrogeología Cuantitativa (159).....	159
Hidroquímica y Contaminación (160).....	161
Ingeniería Geológica Aplicada (161).....	163
Neotectónica y Sismotectónica (162).....	166
Procesos Morfogenéticos y Riesgos Naturales Asociados (163).....	169

Registro Sedimentario y Cambios Globales (164) .....	172
Riesgos Naturales en Sistemas Sedimentarios (165) .....	174
Riesgo Volcánico (166) .....	175
Cartografía Estructural (167) .....	176
Cuencas y Cordilleras Alpinas (168) .....	178
Geología de Cadenas y Macizos Antiguos (169) .....	180
Geología de Cuerpos Intrusivos (170) .....	183
Geología Estructural II (171) .....	185
Mecánica de Rocas (172) .....	187
Metamorfismo (173) .....	190
Técnicas Instrumentales Geoquímicas (174) .....	192
Volcanismo (175) .....	194
Crecimiento de Cristales en Medios Sedimentarios (176) .....	196
Diagénesis de Rocas Carbonáticas y Salinas (177) .....	198
Diagénesis de Rocas Siliciclásticas y de la Materia Orgánica (178) .....	201
Estratigrafía del Subsuelo (179) .....	204
Evaluación de Recursos Energéticos en las Cuencas Sedimentarias (180) ..	206
Modelización de Almacenes Sedimentarios (181) .....	208
Sedimentación en Cuencas en Régimen Compresivo y Direccional (182) ..	210
Sedimentación en Cuencas en Régimen Distensivo (183) .....	212
Micropaleontología Aplicada (184) .....	214
Paleobotánica y Palinología (185) .....	216
Paleontología Estratigráfica (186) .....	218
Paleontología Evolutiva (187) .....	220
Paleontología Humana (188) .....	222
Paleozoología de Invertebrados (189) .....	224
Paleozoología de Vertebrados (190) .....	226

*Optativas de Segundo Ciclo*

Aplicaciones Informáticas en Geología (191) .....	229
Economía Aplicada (192) .....	230
Inglés Técnico (193) .....	232
Legislación (194) .....	233
Planetología (195) .....	234

*Genéricas*

Introducción a la Geología .....	235
Geología del Paisaje .....	237
Fundamentos de Geología y Evolución de la Biosfera .....	239
Paleobiología .....	242

3. ÍNDICE ALFABÉTICO DE LAS ASIGNATURAS

Índice alfabético .....	247
-------------------------	-----



**1**

---

**PLAN DE ESTUDIOS**





## OBJETIVOS FORMATIVOS GENERALES

El título de Licenciado en Geología deberá proporcionar los conocimientos teóricos y prácticos en los diferentes campos de esta ciencia que prepare al titulado superior para el ejercicio profesional.

## ÁREAS DE ACTUACIÓN PROFESIONAL DEL TITULADO

Los licenciados en Geología acogidos al plan de estudios propuesto tendrán la posibilidad de actuar en :

- Ejercicio libre de la profesión.
- Administración pública y empresa privada para la búsqueda y explotación de recursos geológicos renovables y no renovables, y el uso ordenado de los mismos. Prevención y evaluación de riesgos y catástrofes naturales, y la participación en estudios medioambientales.
- Participación en proyectos de Ingeniería Geológica y Geotecnia.
- Docencia Universitaria y Enseñanzas Medias.
- Asesoramiento científico y técnico sobre los temas geológicos.

## ESTRUCTURA GENERAL Y DISTRIBUCIÓN DE LOS CRÉDITOS\*

Ciclo	Curso	Materias Troncales	Materias Obligatorias	Materias Optativas	Libre Configuración	TOTAL
	1º	43,5	10,5			54
1º	2º	27	30		20	57
	3º	26	32	6		64
<i>Total 1º Ciclo</i>		<i>96,5</i>	<i>72,5</i>	<i>6</i>	<i>20</i>	<i>195</i>
2º	4º	54		12		66
	5º		6	55	14	61
<i>Total 2º Ciclo</i>		<i>54</i>	<i>6</i>	<i>67</i>	<i>14</i>	<i>141</i>
<b>TOTAL PLAN</b>		<b>150,5</b>	<b>78,5</b>	<b>73</b>	<b>34</b>	<b>336</b>

\* Un crédito equivale a diez horas lectivas.

## ORDENACIÓN TEMPORAL

## PRIMER CICLO

## PRIMER CURSO

ASIGNATURAS TRONCALES U OBLIGATORIAS	Tipo	CRÉDITOS		
		Total	Teoría	Prácticas
CARTOGRAFÍA BÁSICA	Troncal	4	2	2
CRISTALOGRAFÍA I	Troncal	4,5	2,5	2
CRISTALOGRAFÍA II	Obligatoria	4,5	2,5	2
FÍSICA	Troncal	12	7	5
GEOESTADÍSTICA	Obligatoria	6	3	3
GEOMORFOLOGÍA	Troncal	5	3	2
MATEMÁTICAS	Troncal	9	5	4
QUÍMICA	Troncal	9	5	4
<b>Total de créditos a cursar</b>		<b>54</b>	<b>30</b>	<b>24</b>

## SEGUNDO CURSO

ASIGNATURAS TRONCALES U OBLIGATORIAS	Tipo	CRÉDITOS		
		Total	Teoría	Prácticas
ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	Obligatoria	6	3	3
ESTRATIGRAFÍA	Troncal	6	3	3
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL I	Troncal	6	3	3
MINERALOGÍA I	Troncal	6	3	3
MINERALOGÍA II	Obligatoria	9	6	3
PALEONTOLOGÍA	Troncal	9	4	5
PALEONTOLOGÍA APLICADA	Obligatoria	9	5	4
TERMODINÁMICA QUÍMICA	Obligatoria	6	4	2
<b>Total de créditos a cursar</b>		<b>57</b>	<b>31</b>	<b>26</b>

**TERCER CURSO**

ASIGNATURAS TRONCALES U OBLIGATORIAS	Tipo	CRÉDITOS		
		Total	Teoría	Prácticas
MEDIOS SEDIMENTARIOS	Obligatoria	9	5	4
PETROLOGÍA ÍGNEA Y METAMÓRFICA I	Troncal	9	4	5
PETROLOGÍA ÍGNEA Y METAMÓRFICA II	Obligatoria	9	5	4
PETROLOGÍA SEDIMENTARIA I	Troncal	5	2	3
PETROLOGÍA SEDIMENTARIA II	Obligatoria	6	3	3
TECTÓNICA	Obligatoria	8	5	3
TRABAJO DE CAMPO	Troncal	12		12
<b>Total</b>		<b>58</b>	<b>24</b>	<b>34</b>

  

ASIGNATURAS OPTATIVAS (elegir 6 créditos)	Especialidad	Total	Teoría	Prácticas
Biosedimentación	PA	6	3	3
Cartografía Geológica	CS	6	1,5	4,5
Técnicas de Caracterización Mineral	RM	6	3	3
<b>Total de créditos a cursar</b>		<b>64</b>		

**ASIGNATURAS OPTATIVAS PRIMER CICLO**

Del conjunto de asignaturas optativas del Primer Ciclo que la Facultad ofrecerá cada curso académico y que constituyen el bloque de optatividad del tercer curso, el alumno deberá elegir una asignatura.

**SEGUNDO CICLO****CUARTO CURSO**

ASIGNATURAS TRONCALES U OBLIGATORIAS	Tipo	CRÉDITOS		
		Total	Teoría	Prácticas
GEOFÍSICA	Troncal	6	3	3
GEOLOGÍA AMBIENTAL	Troncal	3	1	2
GEOLOGÍA DE ESPAÑA	Troncal	6	3	3
GEOLOGÍA HISTÓRICA	Troncal	6	3	3
GEOQUÍMICA	Troncal	6	3	3
HIDROGEOLOGÍA	Troncal	3	2	1
INGENIERÍA GEOLÓGICA	Troncal	3	1	2
PROSPECCIÓN GEOFÍSICA I	Troncal	3	1	2
PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA Y GEOQUÍMICA AMBIENTAL	Troncal	6	4	2
RECURSOS ENERGÉTICOS: GEOLOGÍA DEL CARBÓN	Troncal	3	2	1
RECURSOS ENERGÉTICOS: GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	Troncal	3	2	1
RECURSOS MINERALES	Troncal	6	3	3
<b>Total</b>		<b>54</b>	<b>28</b>	<b>26</b>
ASIGNATURAS OPTATIVAS (elegir 12 créditos)		Especialidad		
Ampliación de Mineralogía. Comportamiento Mineral	PE	9	5	4
Criterios de Reconstrucción Paleogeográfica	CS	3	1,5	1,5
Génesis y Evolución de Cuencas	CS	3	1,5	1,5
Geología Marina	CS	5	3	2
Mapas Estratigráficos	CS	3	1	2
Micropaleontología General	PA	6	3	3
Paleoecología	PA	6	3	3
Petrofísica	HIG	6	3	3
<b>Total de créditos a cursar</b>		<b>66</b>		

**QUINTO CURSO**

ASIGNATURAS TRONCALES U OBLIGATORIAS	Tipo	CRÉDITOS		
		Total	Teoría	Prácticas
GEOLOGÍA DE CAMPO	Obligatoria	6	0	6
ASIGNATURAS OPTATIVAS (elegir 55 créditos)	Especialidad			
Estructura y Propiedades Físicas de los Minerales	RM	9	5	4
Geología de Minas	RM	6	3	3
Minerales Industriales	RM	9	5	4
Minerales de Interés Gemológico	RM	3	2	1
Mineralogía de Menas	RM	6	2	4
Prospección Geofísica II	RM	4	2	2
Rocas Industriales	RM	3	1,5	1,5
Yacimientos Sedimentarios	RM	6	3	3
Análisis Geoambiental y Planificación Territorial	HIG	6	2	4
Cartografía Medioambiental y Teledetección	HIG	3	2	1
Edafología I	HIG	9	4	5
Edafología II	HIG	4	1	3
Hidrogeología Cuantitativa	HIG	5	2	3
Hidroquímica y Contaminación	HIG	4	2	2
Ingeniería Geológica Aplicada	HIG	6	3	3
Neotectónica y Sismotectónica	HIG	4	2	2
Procesos Morfogenéticos y Riesgos Naturales Asociados	HIG	6	3	3
Registro Sedimentario y Cambios Globales	HIG	3	1,5	1,5
Riesgos Naturales en Sistemas Sedimentarios	HIG	3	1,5	1,5
Riesgo Volcánico	HIG	3	1,5	1,5
Cartografía Estructural	PE	4	0	4
Cuencas y Cordilleras Alpinas	PE	6	3	3
Geología de Cadenas y Macizos Antiguos	PE	6	3	3
Geología de Cuerpos Intrusivos	PE	6	3	3
Geología Estructural II	PE	6	3	3
Mecánica de Rocas	PE	5	3	2
Metamorfismo	PE	9	3	6
Técnicas Instrumentales Geoquímicas	PE	6	3	3
Volcanismo	PE	6	3	3

	Especialidad	CRÉDITOS		
		Total	Teoría	Prácticas
Crecimiento de Cristales en Medios Sedimentarios	CS	3	2	1
Diagénesis de Rocas Carbonáticas y Salinas	CS	6	3	3
Diagénesis de Rocas Siliciclásticas y de la Materia Orgánica	CS	6	3	3
Estratigrafía del Subsuelo	CS	6	1,5	4,5
Evaluación de Recursos Energéticos en las Cuencas Sedimentarias	CS	3	1,5	1,5
Modelización de Almacenes Sedimentarios	CS	3	1	2
Sedimentación en Cuencas en Régimen Compresivo y Direccional	CS	6	2	4
Sedimentación en Cuencas en Régimen Distensivo	CS	6	2	4
Micropaleontología Aplicada	PA	6	3	3
Paleobotánica y Palinología	PA	6	3	3
Paleontología Estratigráfica	PA	6	3	3
Paleontología Evolutiva	PA	3	2	1
Paleontología Humana	PA	3	2	1
Paleozoología de Invertebrados	PA	9	4	5
Paleozoología de Vertebrados	PA	9	4	5
<b>Total de créditos a cursar</b>		<b>61</b>		

#### ASIGNATURAS OPTATIVAS DE SEGUNDO CICLO

Asignaturas optativas de 2º Ciclo no incluidas en grupos de especialidad	CRÉDITOS		
	Total	Teoría	Prácticas
Aplicaciones Informáticas en Geología	4,5	4,5	
Economía Aplicada	4,5	4,5	
Inglés Técnico	4,5	4,5	
Legislación	4,5	4,5	
Planetología	3	3	

Del conjunto de asignaturas optativas del Segundo Ciclo que la Facultad ofrecerá cada curso académico y que constituyen los bloques de optatividad de cuarto y quinto curso, el alumno deberá elegir 12 créditos entre las ofertadas en cuarto curso y 55 créditos entre las ofertadas en quinto curso.

## ESPECIALIDADES

Las asignaturas optativas de Primer y Segundo Ciclo se organizan, de acuerdo con los cuadros anteriores, en los siguientes conjuntos de especialidad: *Análisis y Evaluación de las Cuencas Sedimentarias* (CS), *Hidrogeología*, *Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental* (HIG), *Paleontología* (PA), *Petrología y Geología Estructural* (PE) y *Recursos Minerales* (RM). El alumno, si desea optar a uno de los conjuntos de especialización, deberá cursar un mínimo de cuarenta y cinco créditos entre todas las asignaturas que configuran cada especialidad.

## CRÉDITOS POR EQUIVALENCIA

El alumno podrá optar por la adquisición de un máximo de nueve créditos realizando Prácticas en Empresas, Instituciones Públicas o Privadas, y/o Trabajos académicamente dirigidos e integrados en el Plan de Estudios. Estos créditos de carácter teórico y práctico se incluyen en el capítulo de materias optativas.

## ORGANIZACIÓN ACADÉMICA DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO

Las Prácticas de Campo de las asignaturas que incluyen créditos de esta naturaleza, se realizarán según el curso en el que se impartan dichas asignaturas: Primer Curso los lunes, Segundo Curso los martes, Tercer Curso los miércoles, Cuarto Curso los jueves y Quinto Curso los viernes.

La asignatura de *Trabajo de Campo* consiste en un campamento que se realizará en el mes de junio o la primera semana de julio.

La asignatura de *Geología de Campo* consiste en un campamento que se realizará en el mes de junio o la primera semana de julio.

## PRERREQUISITOS

*Generales:* No podrán pasar al Segundo ciclo, los alumnos con más de cuarenta créditos pendientes de asignaturas troncales u obligatorias del primer ciclo.

*Específicos:* Para poder matricularse de determinadas asignaturas, será necesario tener aprobadas previamente otras, según el siguiente cuadro:



*Para poder matricularse de:*

*Se requiere aprobar previamente:*

---

**Primer Ciclo**

Análisis Geomorfológico	Geomorfología
Biosedimentación	Paleontología
Cartografía Geológica	Cartografía Básica
Medios Sedimentarios	Estratigrafía
Mineralogía I	Cristalografía I y Cristalografía II
Mineralogía II	Cristalografía I y Cristalografía II
Petrología Ígnea y Metamórfica I	Mineralogía II
Petrología Ígnea y Metamórfica II	Mineralogía II
Petrología Sedimentaria I	Mineralogía I y Mineralogía II
Petrología Sedimentaria II	Mineralogía I y Mineralogía II
Técnicas de Caracterización Mineral	Mineralogía I
Trabajo de campo	Cartografía Básica, Análisis Geomorfológico, Estratigrafía, Geología Estructural I y Paleontología

---

**Segundo Ciclo**

Geofísica	Física
Geología de Campo	Trabajo de Campo
Geología Histórica	Estratigrafía
Geoquímica	Química
Prospección Geoquímica y Geoquímica Ambiental	Química
Recursos Minerales	Mineralogía I, Mineralogía II, Petrología Ígnea y Metamórfica I, Petrología Ígnea y Metamórfica II

---

---

***PROGRAMAS DE LAS ASIGNATURAS***



## CARTOGRAFÍA BÁSICA (105)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **4** (2 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. El mapa topográfico*

1. Escalas: representación y cálculo. Tipos de mapas en función de su escala.
2. Sistemas de representación topográfica. Curvas de nivel. Perfiles topográficos.
3. Orientación del mapa. Posicionamiento. La declinación y su variación con el tiempo. La brújula geológica: descripción y uso.

#### *II. Iniciación a la lectura de los mapas geológicos*

4. El mapa geológico (I). Dirección y buzamiento. Buzamiento aparente y cálculo de buzamientos. Espesor real y aparente.
5. El mapa geológico (II). Apreciación de la geometría a partir del diseño de los afloramientos. Capas horizontales. Capas inclinadas.
6. Cortes geológicos.
7. El método de los tres puntos. Contornos estructurales.

#### *III. Cartografía terrestre y sistemas de coordenadas*

8. La forma de la Tierra: Geodesia. Conceptos de elipsoide y geoide. Latitud y longitud. Red geodésica y red topográfica.
9. Cartografía de la Tierra. Tipos de mapas. Proyecciones cartográficas. Tipos de sistemas. Proyección cilíndrica, cónica y azimutal.
10. Red de paralelos y meridianos. Proyecciones del Mapa Topográfico Nacional: Lambert y UTM.

### Prácticas

1. Lectura e interpretación de mapas topográficos. Perfiles topográficos.
2. Lectura e interpretación de mapas geológicos. Cortes geológicos.
3. Una salida al campo de un día de duración. Actividades previstas: Orientación y posicionamiento. Uso de la brújula geológica. Cartografía geológica.

### BIBLIOGRAFÍA

- LÓPEZ-CUERVO y ESTÉVEZ, S. (1993). *Topografía*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 404 pp.
- LISLE, R. J. (1988). *Geological Structures and Maps: a practical guide*. Pergamon Press. Oxford. 150 pp.
- MALTMAN, A. (1995). *Geological Maps: an Introduction*. John Wiley & Sons. Chichester. 184 pp.
- POWELL, D. (1994). *Interpretation of Geological Structures Through Maps: an introductory practical manual*. Longman Scientific & Technical. England. 176 pp.
- RITCHIE, W. ; WOOD, M.; WRIGHT, R. & TAIT, D. (1988). *Surveying and Mapping for Field Scientists*. Longman Scientific & Technical. Burnt Mill, Harlow, Essex. 190 pp.
- VÁZQUEZ, F. y MARTÍN, J. (1995). *Lectura de mapas*. 3ª Ed. Instituto Geográfico Nacional. Madrid. 382 pp.

## CRISTALOGRAFÍA I (100)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **4,5** (2,5 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción. Concepto de periodicidad. Estados de agregación de la materia. Concepto de traslación, red, nudo. Anisotropía, homogeneidad y simetría. Isotropía.
2. Redes mono, bi y tridimensionales: las cinco redes planas y las catorce redes de Bravais. Vectores primitivos y no primitivos. Celda elemental. Traslaciones fundamentales. Paralelepípedo unidad. Constantes reticulares o cristalográficas. Relación paramétrica.
3. Familias de filas y planos reticulares, su denominación. Espaciado reticular.
4. Concepto de simetría. Operadores de simetría. Simetría espacial y puntual. Elementos de simetría compatibles con la traslación. Grupos puntuales planos. Simetría de las redes planas. Planos de deslizamiento. Los 17 grupos planos.
5. Simetría en 3 dimensiones. Ejes propios e impropios. Centro. Las 32 clases de simetría. Los 7 sistemas cristalinos. Holoedrias.
6. Construcción de las redes de Bravais. Vector apilamiento. Simetría de las redes de Bravais. Índices hexagonales.
7. Simetría de las estructuras cristalinas: introducción de ejes helicoidales y planos de deslizamiento. Los 230 Grupos Espaciales. Tablas internacionales para la Cristalografía de Rayos X.
8. Estructuras modelo. Estructuras formadas por un sólo tipo de átomos: empaquetados densos. Empaquetados de orden superior. Estructuras cúbicas centradas en el interior. Aleaciones metálicas. Compuestos covalentes puros.
9. Estructuras de coordinación. Estructuras derivadas de los empaquetados densos. Estructuras derivadas del empaquetado cúbico compacto. Estructuras derivadas del empaquetado hexagonal compacto. Cálculo de la densidad de un cristal.

10. Estructuras derivadas de la cúbica primitiva. Otros tipos estructurales: estructura del rutilo. Estructura de la perowskita. Estructuras derivadas de la blenda. Estructuras de los silicatos. Estructura de los carbonatos.
11. Conceptos de polimorfismo e isomorfismo.
12. Nucleación y crecimiento cristalino. Defectos. Morfologías de equilibrio, crecimiento y disolución: hábito cristalino y figuras de corrosión. Agregados cristalinos, maclas.
13. Cristalografía morfológica. Ejes cristalográficos o cruz axial. Índices de Weiss y de Miller. Concepto y símbolo de zona. Simetría morfológica. Formas cristalinas.

### Prácticas

1. Problemas: determinación del símbolo de filas reticulares.
2. Problemas: indexación de planos reticulares.
3. Asignación del grupo plano en modelos bidimensionales puntuales (los diez grupos puntuales planos).
4. Asignación del grupo plano en modelos bidimensionales espaciales (los 17 grupos planos).
5. Las 32 clases de simetría y los 7 sistemas cristalinos. Identificación en sólidos cristalográficos.
6. Proyección de estructuras.
7. Reconstrucción de estructuras a partir de su proyección.
8. Morfología cristalina. Cruz axial, índices, simetría y formas cristalinas. Identificación en sólidos cristalográficos.

### BIBLIOGRAFÍA

- AMORÓS, J. L. (1990). *El Cristal: morfología, estructura y propiedades físicas*. 4ª Ed. amp. Ed. Atlas. Madrid. 600 pp.
- AMORÓS, J. L. (1978). *La gran aventura del cristal*. Ed. Universidad Complutense. Madrid. 327 pp.
- BLOSS, F. D. (1994). *Crystallography and Crystal Chemistry: an introduction*. Mineralogical Society of America. Washington. 545 pp.
- GAY, P. (1977). *Introducción al estado cristalino*. Eunibar. Barcelona. 394 pp.
- KLEIN, C. & HURLBUT, JR. C. S. (1996). *Manual de mineralogía*. 4ª Ed.\*. Ed. Reverté, S. A. Barcelona 368 pp.
- LÓPEZ-ACEVEDO, V. (1993). *Modelos en Cristalografía*. (s. n.). (s. l.). 233 pp.
- INTERNATIONAL UNION OF CRYSTALLOGRAPHY (1992). *International tables for X-Ray crystallography*. The Kynoch Press. Birmingham. 3 vol.

## CRISTALOGRAFÍA II (106)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **4,5** (2,5 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Propiedades físicas de los cristales: introducción. Isotropía y anisotropía. Clasificación de las propiedades físicas. Propiedades direccionales y no direccionales. Propiedades intrínsecas y ligadas a imperfecciones. Principio de Newman.
2. Interacción radiación electromagnética-materia. Interferencia de ondas. Cristales y luz: luz visible y materia cristalina. Naturaleza de la luz. Características de las ondas luminosas. Luz polarizada.
3. Fenómenos luminosos en medios isótropos: medios ópticamente isótropos y anisótropos. Propagación de la luz en medios ópticamente isótropos. Reflexión y refracción de la luz. Superficie isótropa de velocidad de rayos. Indicatriz isótropa. Relieve. Absorción de la luz y color de transmisión. Dispersión.
4. El microscopio de polarización: fundamentos, función y construcción. Accesorios. Utilización y ajuste. Observación de cristales isótropos en el microscopio de polarización. Utilización de luz paralela y luz convergente.
5. Cristales anisótropos uniáxicos: medios ópticamente anisótropos. Anisotropismo uniáxico. Doble refracción. Superficies ópticas. Superficie de velocidad de rayos uniáxica. Indicatriz uniáxica. Propiedades de la indicatriz. Secciones de la indicatriz.
6. Cristales uniáxicos y microscopio de polarización: observaciones con luz paralela y un polarizador. Observaciones con luz paralela y dos polarizadores. Secuencia de colores de interferencia. Utilización de placas accesorias. Adición y sustracción. Medida de la birrefringencia. Colores anómalos de interferencia. Elongación. Observaciones con luz convergente. Figuras de interferencia uniáxicas.
7. Cristales anisótropos biáxicos: Anisotropismo biáxico. Indicatriz biáxica. Direcciones ópticas. Índices de refracción principales. Ejes ópticos. Orientación cristalográfica de la indicatriz. Superficies de velocidad de rayos.
8. Cristales biáxicos y microscopio de polarización: color de interferencia y birrefringencia. Figuras de interferencia biáxicas. Ángulo 2V. Métodos para medir el ángulo 2V. Efectos de la dispersión en la figura de interferencia. Color y pleocroísmo. Ángulo de extinción. Signo de elongación. Exfoliación.



9. Aplicaciones del microscopio de polarización: identificación de cristales. Características de los agregados minerales. Aplicaciones a la petrología. Composición y texturas. Otras técnicas de microscopía. Microscopía de luz reflejada. Aplicación a la mineralogía.
10. Introducción a la cristalografía de los rayos X: los rayos X. Origen y propiedades. Producción. Tipos de radiación. Espectro continuo. Radiación característica. Interacción de los rayos X con la materia cristalina. Fluorescencia. Filtros. Detección.
11. Difracción de los rayos X por los cristales. El concepto de red recíproca y su utilización. Geometría de los haces difractados por la materia cristalina. Ecuación de Bragg.
12. Métodos de difracción de los rayos X. Métodos de cristal único. Aplicaciones. El método del polvo cristalino. El difractómetro de polvo. Geometría de los diagramas. Interpretación. Aplicaciones y limitaciones. Utilización de los archivos de datos A.S.T.M.

### Prácticas

1. El microscopio de polarización y sus aplicaciones: estudio de sus partes. Diferencias entre mineral y roca. Centrado.
2. Determinación con un solo polarizador: color, pleocroísmo, forma y hábito, exfoliación y fractura, relieve, índice de refracción.
3. Propiedades con polarizador y analizador: isotropo/anisotropo, opacos, ángulo de extinción, inclusiones, maclas, medidas de ángulos.
4. Rayo lento y rápido, signo de elongación, birrefringencia. Adición y sustracción de retardos.
5. Figuras de interferencia de uniáxicos.
6. Figuras de interferencia de biáxicos.

### BIBLIOGRAFÍA

- BLOSS, F. D. (1994). *Cystallography and crystal chemistry: an introduction*. Mineralogical Society of America. Washington. 545 pp.
- BLOSS, F. D. (1985). *Introducción a los métodos de Cristalografía Óptica*. Omega. Barcelona. 320 pp.
- CHAPMAN & HALL (1992). *Rock-Forming Minerals in thin section*. H. Pichler & C. Schmitt-Riegraf.
- KLEIN, C. & HURLBUT, JR. C.S. (1996). *Manual de mineralogía*. 4ª Ed. Ed. Reverté S.A. Barcelona 368 pp.
- PUTNIS, A. (1992). *Introduction to Mineral Science*. Cambridge University Press. Cambridge. 457 pp.
- ZOLTAI, T., & STOUT, H. (1984). *Mineralogy: concepts and principles*. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. 505 pp.

## FÍSICA (102)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **12** (7 Teóricos + 5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Anual**

### CONTENIDOS

1. Introducción: Modelos, teorías y leyes. Medidas e incertidumbre. Unidades. Magnitudes fundamentales y derivadas. Dimensiones. Análisis dimensional.
2. Análisis vectorial. Vectores y escalares. Suma de vectores. Componentes de un vector. Vectores unitarios. Producto escalar. Producto vectorial. Momento de un vector.
3. Cinemática: Vector desplazamiento. Vector velocidad. Vector aceleración. Componentes intrínsecas de la aceleración: aceleración normal y aceleración tangencial. Estudio del movimiento: a) movimiento en una dimensión; b) movimiento en dos dimensiones; movimiento circular, tiro parabólico.
4. Dinámica: Concepto de fuerza. Leyes de Newton. Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Aplicaciones de las leyes de Newton. Tensión. Rozamiento.
5. Sistemas de referencia acelerados: Sistemas de referencia inerciales y no inerciales. Sistemas de referencia acelerados linealmente: fuerza de inercia. Sistema de referencia en rotación: fuerza centrífuga y fuerza de Coriolis.
6. Trabajo y energía: Concepto de trabajo. Trabajo realizado por una fuerza constante. Trabajo realizado por una fuerza variable. Energía cinética. Teorema del trabajo y la energía.
7. Fuerzas conservativas y conservación de la energía: Fuerzas conservativas. Energía potencial. Conservación de la energía. Fuerzas no conservativas. Otras formas de energía. Transformación de la energía.
8. Sistemas de partículas: Centro de masas. Conservación de la cantidad de movimiento. Energía de un sistema de partículas. Sistema de referencia del centro de masas.
9. Sólido rígido: Momento de inercia de un sólido rígido. Cálculo del momento de inercia. Teorema de Steiner. Radio de Giro. Momento angular. Conservación del momento angular. Energía cinética de rotación. Equilibrio estático.

10. Propiedades elásticas de la materia: Medios deformables. Ley de Hooke. Esfuerzos y deformaciones. Extensión, compresión y cizalla. Módulos elásticos. Fractura.
11. Fluidos: Densidad. Presión. Principio de Pascal. Principio de Arquímedes. Tensión superficial. Fluidos en movimiento. Ecuación de continuidad. Ecuación de Bernouilli. Arrastre y sedimentación.
12. Oscilaciones: Movimiento armónico simple. Movimientos periódicos. Período y frecuencia. Oscilador armónico simple. Péndulo simple. Péndulo compuesto. Péndulo de torsión. Oscilaciones forzadas y amortiguadas.
13. Movimiento ondulatorio y propagación de ondas: Características del movimiento ondulatorio. Tipos de ondas. Ecuación de onda. Frentes de onda. Rayo. Principio de superposición. Ley de Snell. Reflexión. Refracción. Reflexión total, ángulo crítico. Ondas en el interior de la Tierra.
14. Fundamentos de Termodinámica: Temperatura. Temperatura absoluta. Ley de los gases ideales. Calor, energía y trabajo. Calor específico. Calor latente. Primer principio de la Termodinámica. El ciclo de Carnot. Segundo principio de la Termodinámica: Entropía. Procesos reversibles e irreversibles.
15. Gravitación. Leyes de Kepler. Ley de Newton de la Gravitación Universal. Campo gravitatorio. Intensidad del campo gravitatorio. Líneas de fuerza. Potencial gravitatorio. Campo creado por una esfera. Campo gravitatorio terrestre.
16. Carga eléctrica y campo eléctrico: Carga eléctrica. Conductores y aislantes. Ley de Coulomb. El campo eléctrico. Líneas de fuerza. Movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico. Dipolos eléctricos.
17. La Ley de Gauss: Flujo eléctrico. Ley de Gauss. Aplicaciones de la ley de Gauss.
18. Potencial eléctrico: Potencial eléctrico y diferencia de potencial. Superficies equipotenciales. Potencial eléctrico debido a un sistema de cargas puntuales. Potencial eléctrico debido a una distribución continua de cargas. Campo eléctrico y potencial. Energía potencial electrostática.
19. Capacidad, dieléctricos y energía electrostática: Condensadores. Condensador de placas paralelas. Condensador cilíndrico. Combinaciones de condensadores. almacenamiento de energía eléctrica. Dieléctricos. Polarización.
20. Corriente eléctrica y circuitos de corrientes continua: Corriente y movimientos de cargas eléctricas. Ley de Ohm. Resistencia. Energía en los circuitos eléctricos. Resistividad y superconductividad. Resistencias en serie y en paralelo. Leyes de Kirchhoff. Circuitos RC.

21. El campo magnético: Imanes y campos magnéticos. Fuerza ejercida por un campo magnético. El vector intensidad de campo magnético. Movimiento de una carga en el interior de un campo magnético. Espectrómetro de masas. Efecto Hall. Pares de fuerzas sobre espiras de corriente e imanes. Momento dipolar magnético.
22. Fuentes del campo magnético: Campo magnético creado por cargas puntuales móviles. Campo magnético creado por corrientes eléctricas: Ley de Biot y Savart. Definición de amperio. Ley de Ampère.
23. Inducción electromagnética: Flujo magnético. Fuerza electromotriz inducida. Ley de Faraday. Ley de Lenz. Fuerza electromotriz de movimiento. Corrientes de Foucault.
24. Magnetismo en la materia: Imanación. Susceptibilidad magnética. Momentos magnéticos atómicos. Diamagnetismo. Paramagnetismo. Ferromagnetismo. Histéresis. Geomagnetismo.
25. Inductancia y circuitos de corriente alterna: Inductancia mutua. Autoinductancia. Corriente alterna. Circuitos LCR. Resonancia. Impedancia.
26. Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas: La Luz, ecuaciones de Maxwell. Ecuación de onda para las ondas electromagnéticas. La luz como onda electromagnética. Velocidad de la luz. Propagación de la luz.
27. Fundamentos de óptica: Óptica geométrica, espejos, lentes. Instrumentos ópticos.
28. Interferencia y difracción: Diferencia de fase y coherencia. Diagrama de interferencia de dos rendijas. Difracción. Rayos X y difracción de rayos X.
29. Física moderna: Fundamentos de la Relatividad. Elementos de la Teoría Cuántica. El efecto fotoeléctrico. Estructura atómica. Radiactividad. Datación radiactiva.

### *Prácticas*

Se desarrollan diversos experimentos de laboratorio relacionados con los conocimientos adquiridos en teoría, manejando diferentes instrumentos de medida y conociendo su precisión. Los diferentes bloques que se tratan en prácticas son:

1. Mecánica y Fluidos
2. Termología
3. Electricidad y Magnetismo
4. Óptica

Para aprobar la asignatura es requisito haber realizado y aprobado las prácticas de laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M. y FINN, E. J. (1987). *Física*. Addison-Wesley Iberoamericana. Argentina. 3 vols.
- CATALÁ DE ALEMANY, J. (1988). *Física*. (s. n.). Madrid. 767 pp.
- TIPLER, P. A. (1992). *Física*. 3ª Ed. Reverté. Barcelona. 2 vols.

## GEOESTADÍSTICA (107)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estadística e Investigación Operativa**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Aplicaciones de la Estadística a la Geología. Introducción.
2. Probabilidad.
3. Variables aleatorias: Variables unidimensionales. Variables bidimensionales.
4. Modelos de distribución de probabilidad: Discretos y Continuos.
5. Variable normal y otras distribuciones de interés.
6. Variable lognormal.
7. Introducción al muestreo.
8. Inferencia estadística.
9. Análisis de la varianza. Test de Ji-cuadrado.
10. Métodos no paramétricos. Test de Mann-Whitney. Test de Kruskal-Wallis. Test de Kolmogorov-Smirnov.
11. Variables regionalizadas.
12. Kringing.

### *Prácticas*

Se realizan 30 horas de resolución de problemas.

## BIBLIOGRAFÍA

- DAVID, J. C. (1986). *Statistics and data analysis in geology*. 2nd. Ed. John Wiley & Sons. New York. 646 pp.
- MILLER, R. L. & KAHN, J. S. (1962). *Statistics analysis in the geological sciences*. John Wiley & Sons. New York. 483 pp.
- QUESADA, V.; ISIDORO, A. Y LÓPEZ, L. A. (1984). *Curso y ejercicios de estadística: aplicaciones a las ciencias biológicas, médicas y sociales*. 2ª Ed. Alhambra. Madrid. 437 pp.
- SPIEGEL, M. R. (1993). *Estadística*. 2ª Ed. McGraw -Hill. Madrid. 556 pp.

## GEOMORFOLOGÍA (101)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **5** (3 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Planteamiento conceptual: definición, métodos, objetivos y técnicas del trabajo en Geomorfología. Su integración con la Geología
2. El método geomorfológico: desarrollo histórico.
3. Métodos de investigación. Concepto de relieve, estructura, proceso y tiempo. Fotointerpretación y Mapas Geomorfológicos.

#### *II. El análisis de las formas del terreno. Aspectos generales*

4. La geometría o configuración del relieve: morfografía. Clasificaciones topológicas y fisiográficas.
5. La dinámica global de la superficie terrestre. Fuentes de energía primarias e interacción dinámica. Los procesos morfogenéticos.
6. Los factores geomorfológicos: clima, estructura geológica y litología. Aspectos generales.
7. El factor climático: grandes regiones morfoclimáticas.
8. El factor estructural: morfoestructura y morfotectónica. Grandes regiones morfoestructurales.
9. El factor litológico. Los materiales y su incidencia morfológica: meteorización y edafización. Grandes relieves asociados a la litología.

#### *III. Evolución del relieve*

10. Sucesiones morfológicas: formas originales y heredadas. Antecedencia y sobreimposición. Paleomorfogénesis.
11. Ciclos evolutivos: cambios climáticos y tectónicos como inductores de las sucesiones morfológicas.



#### IV. Perspectivas en Geomorfología

12. Tendencias y aplicaciones: morfología antrópica, planetaria y submarina. Geomorfología aplicada a la Ingeniería civil y Geomorfología Ambiental.

#### Prácticas

1. El mapa topográfico y la representación del relieve
2. Morfometría. Reconocimiento de formas elementales. Pendiente y relieve. Mapas dependientes y Unidades de terreno.
3. Fotointerpretación. Introducción a la fotografía Aérea. Cálculo de escalas y modificaciones
4. Ejemplos de distintos relieves en foto aérea vertical.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BLOOM, A. L. (1982). *La superficie de la Tierra*. 2nd Ed. Omega. Barcelona. 151 pp.
- CENTENO, J. de D. et al. (1994). *Geomorfología Práctica: ejercicios de fotointerpretación y planificación geoambiental*. Rueda. Madrid. 66 pp.
- CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A. & SUDGEN, D. E. (1984). *Geomorphology*. Methuen. London, New York. 605 pp.
- COQUE, R. (1987). *Geomorfología*. Alianza. Madrid. 475 pp.
- FONT TULLOT, I. (1983). *Climatología de España y Portugal*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. 269 pp.
- MUSK (1988). *Weather Systems*. Cambridge University Press
- PEDRAZA, J. de (1996). *Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones*. Rueda. Madrid. 414 pp.
- RICE, R. J. (1983). *Fundamentos de Geomorfología*. Ed. Paraninfo. Madrid. 392 pp.
- SELBY, M. J. (1985). *Earth's Changing Surface: an introduction to geomorphology*. Clarendon. Oxford. 607 pp.
- STRAHLER, A. N. (1989). *Geografía física*. 3ª Ed. Omega. Barcelona. 550 pp.
- SUMMERFIELD, M. A. (1991). *Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms*. Longman Scientific and Technical. Harlow. 537 pp.
- WHITE, I.D.; NOTTERSHEAD, D. N. & HARRISON, S. J. (1987). *Environmental Systems: an introductory text*. Allen & Unwin. London. 495 pp.

## MATEMÁTICAS (103)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Álgebra, Estadística e Investigación Operativa, Geometría y Topología.**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Funciones reales de una variable real. Operaciones con funciones. Ejemplos.
2. Límites y continuidad de funciones. Propiedades.
3. Derivada de una función. Teoremas de Rolle y del valor medio. Aplicaciones.
4. Desarrollo de una función. Representaciones gráficas.
5. Estudio local de una función. Representaciones gráficas.
6. Integración de funciones. Integral definida. Integral indefinida. Integrales impropias.
7. Curvas y superficies. Coordenadas paramétricas y coordenadas polares.
8. Funciones de varias variables reales. Continuidad. Derivadas parciales.

### *Prácticas*

Se realizan 40 horas de resolución de problemas.

### BIBLIOGRAFÍA

LANG, S. (1990). *Cálculo*. Addison-Wesley Iberoamericana. Argentina. 667 pp.

LARSON, R. L.; HOSTETLER, R. P. y EDWARDS, B. H. (1995-96). *Cálculo y geometría analítica*. 5ª ed. McGraw-Hill. Madrid. 2 vols.

SALAS, S. L. & HILLE, E. (1995-96). *Calculus*. 3ª ed. Ed. Reverté. Barcelona. 2 vols.

## QUÍMICA (104)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Química Inorgánica**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Estudio del átomo. Estabilidad nuclear. Isótopos. Configuración electrónica. Sistema periódico: propiedades periódicas.
2. Enlace químico. Enlace covalente: geometría molecular y modelos de enlace. Sólidos iónicos: energía reticular y propiedades asociadas. Metales: modelos de enlace y propiedades. Fuerzas intermoleculares.
3. Disoluciones. Naturaleza y tipos de disoluciones.
4. Reacciones químicas. Equilibrio químico.
5. Reacciones en medio acuoso. El agua como disolvente y como agente geológico. Reacciones ácido-base. Reacciones redox. Reacciones de precipitación.
6. Fundamentos de Química Analítica. Sensibilidad y selectividad de las reacciones. Métodos generales y técnicas especiales de análisis. Separación y reconocimiento de cationes y aniones.
7. Fundamentos de Química Inorgánica. Estado natural de los elementos químicos: Distribución geológica. Métodos de obtención a partir de haluros, oxosales, óxidos y sulfuros.
8. Fundamentos de Química Orgánica. Hidrocarburos: clasificación, isomería y propiedades. Funciones orgánicas. Química del petróleo.

### *Prácticas*

Se realizan 30 horas de prácticas en el laboratorio y 10 horas en seminarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- ATKINS, P. W. (1992). *Química General*. Ed. Omega. Barcelona. 890 pp.
- BAILAR, J. C. et al. (1983). *Química*. Ed. Vicens Vives. Barcelona. 908 pp.
- CHANG, R. (1997). *Química*. Ed. McGraw-Hill. Madrid. (pag. var.)
- DICKERSON, R. E. et al. (1992). *Principios de Química*. Ed. Reverté. Barcelona. 1000 pp.
- GUILLÉSPIE, R. J. et al. (1990). *Química*. Ed. Reverté. Barcelona. 2 vols.
- GUTIÉRREZ-RIOS, E. (1990). *Química*. Ed. Reverté. Barcelona. 488 pp.
- GUTIÉRREZ-RIOS, E. (1996). *Química Inorgánica*. Ed. Reverté. Barcelona. 875 pp.
- MAHAN, B. M. & MYERS, R. J. 1990. *Química*. Curso Universitario. Ed. Addison-wesley Iberoamericana. Wilmington. 950 pp.
- MASTERTON, W. L. (1992). *Química General Superior*, Ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid. 803 pp.
- MORCILLO, J. (1994). *Temas básicos de Química*. Ed. Alhambra. Madrid. 697 pp.
- PAULING, L. (1997). *Química General*. Ed. Aguilar. Madrid. 910 pp.
- PETRUCCI, R. H. (1993). *Química General*. Ed. Fondo Educativo Interamericano. Bogotá. 692 pp.
- ROSENBERG, J. L. (1990). *Química general*. Ed. McGraw-Hill. Madrid. 422 pp.
- RUIZ SAENZ, A. et al. (1995). *Química General*. Ed. McGraw-Hill. Madrid. 607 pp.
- RUSELL, J. B. & LARENA, A. (1995). *Química*. Ed. McGraw-Hill. Madrid. 980 pp.



## ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO (112)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Introducción. Planteamiento general del curso. Fuentes bibliográficas.
2. Análisis y clasificación de las formas del terreno. Unidades, elementos y regiones morfológicas. El ciclo del agua.

#### *II. Análisis morfológico*

3. Morfología fluvial. Los ríos dentro de la cuenca de drenaje. Interés de la morfometría. Procesos hidráulicos en los canales. Tipos de flujo. Formas erosivas en ríos. La incisión.
4. Formas de agradación fluvial. Barras y llanura de inundación. Tipos de ríos y caracterización. Clasificación de terrazas fluviales y su problemática. Capturas. Otras formas: abanicos aluviales.
5. Morfología en vertientes. Dinámica del agua en la ladera. Arroyada en lámina y en regueros. El perfil de la ladera y su evolución. El problema de la erosión.
6. Estabilidad de laderas y factores ambientales que los controlan. Tipos de movimiento: deslizamientos y flujos. Formas asociadas.
7. Morfología glacial. Clasificación de los glaciares: morfológicos y térmicos. La erosión glacial y formas asociadas. Depósitos glaciares: tills y morrenas.
8. Morfología periglacial. Procesos operativos: gelifración y crioturbación. Formas del relieve: modelado en rellanos y en vertientes.
9. Morfología eólica. Sequía, aridez y desertificación. Dinámica del viento. Formas de erosión y de depósito: las dunas.
10. Morfología litoral. Procesos dinámicos: olas, mareas y corrientes de deriva. Acantilados. Playas y otros depósitos. Morfología de las costas. Estuarios y deltas.

### III. Morfología histórica y actual

11. Evolución del relieve y teorías sobre el desarrollo de laderas. Problemática de las superficies planas (penillanuras, pedimentos, superficies grabadas). Tendencias climáticas y tectónicas. Problemas heredados y actuales.
12. Cartografía geomorfológica. Su interés en los estudios geológicos y ambientales. Los riesgos exógenos y la erosión en el momento actual. Su problemática.
13. El Mapa topográfico. Escalas, perfiles topográfico. Niveles de cumbres o divisorias. Orientación. Pendientes. Planimetría. Red de rodaje. Formas del relieve. Interpretación de bloques.
14. Análisis de los componentes del ciclo del agua en una cuenca. Obtención y manejo de datos. Cuantificación de la precipitación, evapotranspiración y caudales.
15. Interpretación de fotos aéreas. Análisis geomorfológico del terreno. Visión e interpretación de formas en fotos aéreas. Ambientes fluvial, costero, glaciar, periglaciar y eólico.
16. Elaboración del mapa geomorfológico. Definición de unidades y elementos morfológicos. Cartografía de procesos y formas.

### Prácticas

1. El mapa topográfico. Escalas, perfiles topográficos. Niveles de cumbres o divisorias. Orientación. Pendientes. Planimetría. Red de drenaje. Formas de relieve. Interpretación de bloques.
2. Análisis de los componentes del ciclo del agua en una cuenca. Obtención y manejo de los datos. Cuantificación de la precipitación, evapotranspiración y caudales.
3. Interpretación de fotos aéreas. Análisis geomorfológico del terreno. Visión e interpretación de formas en fotos aéreas. Ambientes fluvial, costero, glaciar, periglaciar y eólico.
4. Elaboración del mapa geomorfológico. Definición de unidades y elementos morfológicos. Cartografía de procesos y formas.

### BIBLIOGRAFÍA

- CENTENO, J. de D., FRAILE, M. J.; OTERO, M. A. y PIVIDAL, A. J. (1994). *Geomorfología Práctica*. Ed. Rueda. Madrid. 66 pp.
- CHORLEY, R. J.; SCHUM, S. A. & SUGDEN, D. E. (1984). *Geomorfology*. Ed. Methuen London. New York. 605 pp.

- DERRUAU, M. (1991). *Geomorfología*. Ed. Ariel. 3º Ed. Barcelona. 528 pp.
- DICKINSON, G. C. (1969). *Maps and air photographs*. Edward Arnold. 286 pp.
- LÓPEZ VERGARA, M. L. (1988). *Manual de Fotogeología*. 2ª Ed. Servicio publicaciones del CIEMAT. 306 pp.
- MORISAWA, H. (1976). *Geomorfology laboratory manual*. John Wiley & Sons. New York. 253 pp.
- MUÑOZ, J. (1993). *Geomorfología General*. Síntesis. Madrid. 351 pp.
- PEDRAZA de, J. (Ed.) (1995). *Geomorfología General. Principios, Métodos y Aplicaciones*. Ed Rueda. Madrid. 414 pp
- PEÑA MONNE, J. L. (Ed.) (1997). *Cartografía geomorfológica Básica y aplicada*. Geoforma. Logroño. 227 pp.
- RICE, R. J. (1982). *Fundamentos de Geomorfología*. Paraninfo. Madrid. 392 pp.
- SELBY, M. J. (1985). *Earth's changing surface: an introduction to geomorfology*. Código Press. Oxford. 607 pp.
- SUMMERFIELD, M. A. (1991). *Global Geomorfology: an introduction to the study of landforms*. Ed. Longman Scientific & Technichal. Harlow. 537 pp.
- STRAHLER, A. N. (1969). *Exercises in Physical Geography*. John Wiley & Sons. New York. 320 pp.
- STRAHLER, A. N. y STRAHLER, A. H. (1989). *Geografía Física*. 3ª Ed. Omega. Barcelona. 550 pp.
- VAN ZUIDAM, R. A. & VAN ZUIDAM, F. I. (1979). *Terrain analysis and classification using aerial photographs*. ITC textbook if photointerpretation, vol III. Use of aerial detection in geomorfology and geographical landscape analysis CH.6 TTC Eunsthede 310. Holanda.



## ESTRATIGRAFÍA (110)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Concepto de Estratigrafía. Objetivos. Principios y Leyes. Métodos de trabajo y de obtención de datos.

#### *II. El estrato y su contenido*

2. Procesos sedimentarios, texturas y estructuras de los sedimentos y de las rocas sedimentarias, la estratificación.
3. Estructuras sedimentarias tractivas, de corriente y de oscilación.
4. Estructuras sedimentarias inorgánicas en las superficies de estratificación.
5. Estructuras sedimentarias de origen orgánico, postdeposicionales y de deformación.

#### *III. La sucesión estratigráfica y su interpretación*

6. La columna estratigráfica local, su elaboración y representación.
7. Variaciones verticales y laterales en las sucesiones sedimentarias: facies, cambios de facies, polaridad y ciclicidad.
8. Las discontinuidades estratigráficas y el registro del tiempo en los apilamientos sedimentarios.

#### *IV. Correlaciones y nomenclatura estratigráfica*

9. Correlaciones. Unidades estratigráficas y estratotipos. Métodos físicos. Unidades litoestratigráficas.

10. Correlaciones bioestratigráficas y unidades bioestratigráficas. unidades estratigráficas genéticas y otros tipos de unidades estratigráficas.
11. Unidades cronoestratigráficas. Unidades geocronológicas. Columna estratigráfica patrón.

#### V. Arquitectura estratigráfica y evolución sedimentaria

12. Cuencas sedimentarias y configuraciones de los apilamientos sedimentarios.
13. Evolución sedimentaria, transgresiones y regresiones.
14. Estratigrafía secuencial, cortejos sedimentarios y estratigrafía de alta resolución.

#### Prácticas

1. Métodos y técnicas de trabajo en el campo de la Estratigrafía para la elaboración de la columna estratigráfica local.
2. Elaboración de una columna estratigráfica local.
3. Descripción y análisis de la sucesión sedimentaria del afloramiento estudiado en el campo.
4. Análisis formal y evolutivo de una sección estratigráfica obtenida por correlación de columnas.
5. Reconocimiento, representación gráfica e interpretación evolutiva de las relaciones geométricas e históricas entre grandes conjuntos sedimentarios.

#### BIBLIOGRAFÍA

- COLLINSON, J. D. & THOMPSON, D. B. (1982). *Sedimentary Structures*. George Allen & Unwin. London. 194 pp.
- DABRIO, C. y HERNANDO, S. (1993). *Estratigrafía*. UCM. Madrid.
- EINSELE, G. (1992). *Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and Sediment Budget*. Springer-Verlag. Berlin. 628 pp.
- MIALL, A. D. (1984). *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Springer-Verlag. New York. 490 pp.
- POMEROL, CH. *et.al.*(1987). *Stratigraphie: Méthodes, Principes, Applications*. Doin. Paris. 283 pp.
- VERA, J. A. (1994). *Estratigrafía: Principios y Métodos*. Rueda. Madrid. 805 pp.

## GEOLOGÍA ESTRUCTURAL I (109)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. La Geología Estructural: Concepto y significado en el área de conocimiento de la Geodinámica. Relación con la Tectónica y la Dinámica Global. Métodos y técnicas de estudio. Áreas de aplicación de la Geología Estructural.

#### *II. Geología estructural*

2. Fundamentos sobre deformación y comportamiento mecánico de las rocas. Fuerza y esfuerzo. Tipos de esfuerzo. Unidades y signos de esfuerzo. Estado de esfuerzo en un punto. Componentes de esfuerzo. Tensor de esfuerzo. Esfuerzo en dos y tres dimensiones. Ejes principales de esfuerzo. Elipse y elipsoide de esfuerzo. Diagrama de Mohr de esfuerzo.
3. Estado de deformación en las rocas. Traslación. Rotación. Distorsión. Cambios de volumen. La elipse y el elipsoide de deformación. Deformación por cizalla simple y por cizalla pura. El tensor de las deformaciones. Representación gráfica e interpretación de la deformación en dos dimensiones.
4. Comportamiento mecánico de las rocas sometidas a campos de esfuerzo. relación esfuerzo-deformación. Teoría de la elasticidad. Plasticidad. Viscosidad. Reología. Influencia de los parámetros físicos en el comportamiento mecánico de las rocas. Ensayos triaxiales. Fluídos en las rocas y esfuerzos efectivos. Mecanismos y estructuras de deformación frágil y dúctil. Criterios de rotura de Navier Coulomb.

#### *III. Deformación frágil*

5. Fallas. Nomenclatura clasificación y conceptos básicos. Elementos y geometría de fallas. Clasificación de fallas según la distribución de esfuerzos. Reconocimiento de fallas. Rocas de fallas.

6. Fallas normales y estructuras asociadas. geometría y desplazamiento de fallas normales. Modelo de esfuerzo y estructuras secundarias asociadas. Fallas lístricas Asociaciones estructurales de fallas normales lístricas. Sistemas regionales de fallas normales y modelos cinemáticos.
7. Fallas inversas, cabalgamientos y mantos de corrimiento. Terminología geométrica. Estructura y desplazamiento de los cabalgamientos. Formación de duplex. Asociaciones estructurales a fallas inversas y cabalgamientos. Geometría y cinemática de sistemas de cabalgamientos. Mantos de corrimiento gravitatorios. Mecanismos de emplazamiento.
8. Fallas en dirección otranscurrentes. Características geométricas y estructuras de asociadas. Fallas en dirección de segundo orden. Estructuras de deformación compresional y extensional en relación con la localización y cinemática del vector de desplazamiento. Duplex de fallas en dirección. Fallas transcurrentes e indentación tectónica.
9. Fracturas (juntas o diaclasas). Clasificaciones según su origen y régimen del campo de esfuerzo. Desarrollo de la fracturación en regímenes de deformación no rotacional y rotacional. Diaclasas y grietas de tensión. Indicadores cinemáticos. Juntas estilolíticas.

#### *IV. Deformación dúctil*

10. Pliegues. Elementos y clasificación de pliegues Mecanismos y cinemática del plegamiento. Plegamiento flexural y estructuras asociadas. Plegamiento pasivo.
11. Dinámica y cinemática del plegamiento para una y varias capas. El origen de Kink y pliegues Chevron. La geometría del plegamiento superpuesto. Estructuras de boudinage y pinch-swell.
12. Foliaciones y lineaciones en rocas deformadas. Concepto de fábrica. Terminología y clasificación de la foliación. Foliación composicional. Foliaciones discontinuas y contínuas. Relación de la foliación con otras estructuras.
13. Concepto y tipos de lineaciones. Lineaciones estructurales. Lineaciones minerales. Asociaciones de lineaciones con otras estructuras. Interpretación de la deformación de estructuras lineales.
14. Zonas de cizallamiento dúctil. Rocas miloníticas y estructuras asociadas. Criterios cinemáticos. La zona de cizallamiento dúctil y estructuras mayores bajo régimen extensional y compresional.
15. Estructuras intrusivas y extrusivas. Flujo diapírico. Domos salinos y estructuras asociadas. Intrusiones ígneas. Características geométricas y mecanismos de emplazamiento. Diques; relaciones estructurales y cronología con las rocas encajantes. Estructuras de impacto.

V. *Dinámica global. Estructura interna de la Tierra. Deriva continental y tectónica de placas*

16. Estructura interna de la Tierra. Métodos de investigación a partir de las propiedades elásticas de los materiales. Estructura y características generales del núcleo, manto y corteza terrestre. Litosfera. Astenosfera.
17. La Tectónica de placas. Geomagnetismo y deriva continental. Tipos y estructuras de los límites de placas litosféricas. Dorsales, fosas y fallas transformantes.
18. Movimiento de placas. Ciclo de Wilson. Deformación y procesos orogénicos bajo diferentes regímenes tectónicos.
19. Movimientos verticales de la litosfera. Subsistencia y flexura de la litosfera. Isostasia.

*Prácticas*

1. Introducción. Concepto de mapa geológico. Orientación de planos y líneas en el espacio. Manejo de la brújula.
2. Contornos estructurales: gradientes, intervalos, cálculos de direcciones, buzamientos, longitudes de afloramiento y espesores. Relación planos-topografía: regla de las "Vs". Corte geológico sobre estructuras horizontales.
3. Fallas: terminologías, contornos estructurales aplicados a problemas de fallas. Cortes geológicos sobre estructuras con capas inclinadas.
4. Pliegues: terminología, contornos estructurales aplicados a problemas de pliegues. Cortes geológicos sobre estructuras plegadas.
5. Fotografía aérea: identificación de estructuras. Aplicación a la cartografía estructural.
6. Proyección estereográfica: fundamento. Proyección de planos y líneas. Proyección polar. Aplicación al análisis estructural.
7. Interpretación de mapas geológicos. Cortes geológicos en diferentes dominios geotectónicos.

BIBLIOGRAFÍA

- BOILLOT, G. (1984). *Geología de las márgenes continentales*. Masson. Barcelona. 141pp.
- COX, A. & HART, R. B. (1986). *Plate Tectonics: How its works*. Blackwell. Boston. 392 pp
- DAVIS, G. H. (1984). *Structural Geology of rocks and Regions*. Wiley. New York. 492 pp.
- HOBBS, B. E.; MEANS, W. D. y WILLIAMS, P. F. (1981). *Geología Estructural*. Omega. Barcelona. 518 pp.
- MARSHACK, S. & MITRA, G. (Eds.) (1988). *Basic Methods of Structural Geology*. Prentice Hall. New Jersey. 445 pp.

- MATTAUER, M. (1990). *Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre*. Omega Barcelona. 524 pp.
- PARK, R. G. (1988). *Geological Structures and Moving Plates*. Blackie. Glasgow. 337 pp.
- PARK, R. G. (1995). *Foundations of Structural Geology*. 2nd Ed. Blackie. London. 148 pp.
- PHILLIPS, F.C. (1977). *La aplicación de la proyección estereográfica en la geología estructural*. Blume. Madrid. 127 pp.
- RAGAN, D.M. (1987). *Geología estructural: Introducción a las técnicas geométricas*. Omega. Barcelona. 207 pp.

## MINERALOGÍA I (108)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Concepto de Mineralogía. Definición de mineral. Evolución histórica. Sistemática mineral. Bibliografía.
2. Composición química y mineralógica de la corteza terrestre. Clasificación geoquímica de los elementos. Concepto de asociación, paragénesis y sucesión mineral.

#### *II. Mineralogénesis*

3. Ambiente endógeno. Definición y composición de los magmas. Mecanismos de evolución magmática. Mineralogía y geoquímica de la fase magmática. Fase pegmatítica, pneumatolítica e hidrotermal. Sistemas hidrotermales en relación con el volcanismo, campos geotérmicos, procesos exhalativos. El ambiente metamórfico. Mineralogía y paragénesis metamórficas. Ambiente exógeno. Características del medio exógeno. Placeres fluviales, marinos y eólicos. Procesos residuales y de enriquecimiento supergénico.

#### *III. Mineralogía descriptiva*

4. Elementos nativos. Caracteres generales. Cristalografía y propiedades físicas. Descripción de los principales grupos: metales, semimetales y no metales.
5. Sulfuros. Caracteres generales. El ciclo geoquímico del azufre. Cristalografía y propiedades físicas. Sulfuros metálicos. Asociación Pt-PdRu. Asociación Ni-Co-Fe. Asociación Mo-W-Sn. Asociación Zn-Cu-Pb. Asociación Ag-Au-Hg. Sulfuros semimetálicos.
6. Sulfosales. Caracteres generales. Sulfosales de cobre. Sulfosales de plata. Sulfosales de plomo.
7. Halógenos. Caracteres generales. Cristalografía y propiedades físicas. Fluoruros. Cloruros, bromuros y yoduros. Origen y tipos de yacimientos.

8. Óxidos. Caracteres generales. Cristaloquímica y propiedades físicas. Óxidos con relación Me:O=1. Óxidos con relación Me:O=3/4. Serie de las espinelas. Óxidos con relación Me:O=2/3: grupo del corindón, hematites e ilmenita. Óxidos con relación Me:O=1/2: grupo del rutilo y de la uraninita.
9. Hidróxidos. Caracteres generales. Hidróxidos de aluminio. Bauxitas. Hidróxidos de hierro. Texturas réplica.
10. Carbonatos. Caracteres generales. El ciclo geoquímico del carbono. Cristaloquímica y propiedades físicas. Carbonatos anhidros: serie de la calcita y del aragonito. Serie de la dolomita. Carbonatos hidratados. Nitratos.
11. Boratos. Caracteres generales. Cristaloquímica y propiedades físicas. Clasificación, origen y tipos de depósitos. Descripción de los principales grupos.
12. Minerales con radical XO<sub>4</sub><sup>=</sup>. Caracteres generales. Cristaloquímica y propiedades físicas. Sulfatos anhidros e hidratados. Cromatos. Molibdatos y wolframatos.
13. Minerales con radical XO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Caracteres generales. Cristaloquímica y propiedades físicas. Fosfatos, arseniatos y vanadatos anhidros e hidratados.

### Prácticas

1. Reconocimiento de especies minerales a partir de las propiedades físicas de *visu* y ensayos sencillos.
2. Reconocimiento de especies minerales por medio de microscopia de luz transmitida.
3. Reconocimiento de especies minerales por medio de microscopia de luz reflejada.
4. Resolución de problemas. Determinación de la fórmula estructural. Representación de diagramas binarios y ternarios.

### BIBLIOGRAFÍA

- CAROBBI, G. (1971). *Trattato di Mineralogia*. Usnes-Sansoni.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A. & ZUSSMANN, J. (1996). *Rock forming minerals*. Vol. 5b. 2nd Ed. Logman. London.
- INESO, P. R. (1989). *Introduction to practical ore microscopy*. Longman (Scientific & Technical). Harlow, England.
- KERN, P. F. (1965). *Mineralogía óptica*. Ediciones del Castillo. Madrid.
- KLEIN, C. (1989). *Minerals and rocks: exercises in crystallography, mineralogy and hand specimen petrology*. John Wiley & Sons. New York.
- KLEIN, C. & HURLBURT, C. S. (1997). *Manual de Mineralogía*. Tomo 2. Ed. Reverte. Barcelona.
- KOSTOV, I. (1968). *Mineralogy*. Ed. Oliver & Boy. Edimburgo.
- MILOVSKI, A.V. & KONONOV, O. V. (1988). *Mineralogía*. Ed. Mir. Moscu.
- ZOLTAI, T. & STOUT, J. H. (1984). *Mineralogy. Concepts and principles*. Burgess Publishing Co. Minnesota.



## MINERALOGÍA II (113)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **9** (6 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Introducción. Estructura y objetivos de la asignatura. Interés científico, técnico y económico de los silicatos. Fuentes bibliográficas y literatura recomendada.
2. Composición química de los minerales. Estequiometría y variaciones composicionales en los silicatos. Soluciones sólidas: mecanismos de formación. Interpretación de datos químicos: fórmula mineralógica y representaciones gráficas.
3. Asociaciones de silicatos en relación con su ambiente genético. Ambiente magmático: definición, composición y evolución de los magmas. Ambiente sedimentario: características del medio exógeno. Alteración supergénica y meteorización. Factores físico-químicos de la sedimentación. Ambiente metamórfico. Definición y tipos de metamorfismo. Factores del metamorfismo.
4. Silicatos. Características generales. Cristalografía y propiedades físicas. Criterios de clasificación.
5. Nesosilicatos (I): características generales. Grupo del olivino: cristalografía, propiedades, solución sólida y paragénesis. La transformación olivino-espinela. Grupo de la humita. Grupo del granate: cristalografía, propiedades físicas y génesis.
6. Nesosilicatos (II): grupo de los nesosilicatos aluminicos ( $Al_2SiO_5$ ): andalucita, sillimanita y distena. Cristalografía y propiedades. El polimorfismo del  $Al_2SiO_5$ . Diagramas de fase y estabilidad. Implicaciones petrogenéticas. Estaurolita: estructura, propiedades y génesis. Cloritoide: estructura, propiedades y génesis. Otros nesosilicatos: topacio, zircón y titanita.
7. Sorosilicatos: características generales. Grupo de la epidota: cristalografía, propiedades y génesis. Idocrasa. Hemimorfita.
8. Ciclosilicatos: características generales: ciclosilicatos con estructura en anillos de 3, 4, y 6 tetraedros. Ciclosilicatos con estructura en anillos de 6 tetraedros: berilo, cordierita, grupo de la turmalina y dióptasa.

9. Inosilicatos (I): características generales. Piroxenos. Cristalografía y propiedades físicas. Clasificación y nomenclatura. Soluciones sólidas. Génesis. Piroxenoides.
10. Inosilicatos (II): anfíboles. Cristalografía y propiedades físicas. Clasificación y nomenclatura. Soluciones sólidas. Transformaciones subsolidus. Ambientes de formación.
11. Filosilicatos (I): características generales. Estructuras básicas: capa, lámina y unidad estructural. Politipismo. Propiedades físicas. Clasificación. Estructuras tipo 1:1 dioctaédricas a 7 A: grupo de la caolinita. Estructuras tipo 1:1 trioctaédricas a 7 A: grupo de la serpentina.
12. Filosilicatos (II): filosilicatos de tipo 2:1 a 9 A: dioctaédricos y trioctaédricos. Filosilicatos 2:1 a 10 A: grupos de las micas y de la illita. Clasificación, estructura y paragénesis. Filosilicatos 2:1 a 14 Å esmectitas y vermiculitas. Filosilicatos 2:1:1 (cloritas): cristalografía y génesis. Minerales fibrosos de la arcilla: sepiolita y palygorskita. Minerales interstratificados.
13. Tectosilicatos (I): características generales y clasificación. Grupo de la sílice. El sistema SiO<sub>2</sub>: relaciones de estabilidad. El polimorfismo del SiO<sub>2</sub>: estructura, propiedades, tipos de transformaciones y ambiente genético de los diferentes polimorfos. Variedades criptocristalinas de la sílice: génesis y evolución.
14. Tectosilicatos (II): grupo de los feldespatos. Clasificación, estructura y composición química. Feldespatos alcalinos: el sistema albita-ortosa, relaciones de fase, fenómenos de orden-desorden Si-Al y texturas de exolución. El grado de ordenamiento y las características texturales en relación con el ambiente genético. Plagioclasas: el sistema albita-anortita, relaciones de fase y características de la solución sólida. Génesis.
15. Tectosilicatos (III): grupo de los feldespatoides: estructura, quimismo, propiedades físicas y génesis. Grupo de las zeolitas: estructura, composición química y clasificación. Relación estructura-propiedades físicas-usos industriales. Ambientes genéticos.

### Prácticas

1. Reconocimiento macroscópico (de *visu*) de silicatos. Estudio de las principales especies de silicatos a partir de la observación y determinación de sus propiedades físicas características.
2. Análisis mineralógico cualitativo mediante difracción de rayos X de muestras monominerales y de mezclas sencillas de silicatos.
3. Estudio e identificación de los principales silicatos petrogenéticos, mediante microscopía óptica de luz transmitida, así como la observación de texturas características.

4. Seminario de problemas. Se centrarán en cálculos de fórmulas cristaloquímicas de silicatos, a partir de su análisis químico y representación gráfica de datos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BERRY, L. G. & MASON, B. (1983). *Mineralogy: concepts, descriptions, determinations*. 2nd Ed. W. Freeman. San Francisco. 561 pp.
- DEER, W. A.; HOWIE, R.A. & ZUSSMANN, J. (1993). *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman. London. 528 pp.
- GRIFFEN, D. T. (1992). *Silicate Crystal Chemistry*. Oxford University Press. New York.
- KLEIN, C. & HURLBUT, C. S. (1997). *Manual de Mineralogía*. 4ª Ed. Reverté, Barcelona.
- KLEIN, C. y HURLBUT, C. S. Jr. (1993). *Manual of Mineralogy*. 21th Ed. John Wiley & Sons. New York. 681 pp.

## PALEONTOLOGÍA (111)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* 9 (4 Teóricos + 5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Definición y objetivos de la Paleontología. Desarrollo histórico. El concepto de fósil. Métodos de la Paleontología.

#### *II. Tafonomía*

2. El proceso de fosilización. Bioestratinomía y Fosildiagénesis. Estados de conservación. Representatividad del registro fósil.

#### *III. Paleobiología*

3. Tipos de organización biológica. Sistemas de reproducción y desarrollo. Tipos de esqueleto. El origen de la vida y de los principales tipos de organización.
4. La clasificación de los seres vivos. Nomenclatura biológica. Escuelas sistemáticas.
5. Morfología. Factores condicionantes de la forma orgánica y métodos de análisis.
6. Paleoecología. Modos de vida. Factores externos. Evidencias fósiles de actividad biológica. Comunidades y ecosistemas. Estrategias ecológicas.
7. Paleobiogeografía. Geografía y diversidad. Unidades biogeográficas. Mecanismos de dispersión y áreas de distribución.

#### *IV. Principales grupos de interés bioestratigráfico*

8. Micropaleontología. Principales grupos de microfósiles y sus métodos de estudio. Los Foraminíferos. Otros grupos de protistas fósiles.

9. Micropaleontología animal y vegetal. Principales grupos e importancia en bioestratigrafía.
10. Las plantas fósiles. Pteridofitas y Espermatofitas. Grupos principales y registro fósil.
11. Poríferos, Archeociatos y Cnidarios. Caracteres generales. Importancia geológica de los corales.
12. Briozoos y Braquiópodos. Caracteres generales y evolución. Importancia en bioestratigrafía.
13. Moluscos. Tipos morfológicos de la concha y principales grupos. Los Bivalvos: relación entre la morfología de la concha y el modo de vida. Los Ammonoideos: importancia en bioestratigrafía.
14. Artrópodos. Clasificación y morfología general. Los Artrópodos en el Cámbrico. Los Trilobites: importancia en bioestratigrafía.
15. Graptolitos. Caracteres generales e importancia en bioestratigrafía.
16. Equinodermos. Clasificación. Principales grupos de interés bioestratigráfico.
17. Cordados: caracteres generales. Los peces fósiles: principales grupos y registro fósil.
18. Anfibios, reptiles y aves. Las diferentes adaptaciones de los vertebrados en el medio terrestre.
19. Mamíferos. Principales grupos e importancia en bioestratigrafía. Modificaciones en la dentición y su evolución. El hombre fósil.

#### *V. Paleontología evolutiva*

20. La evolución de los seres vivos: principios generales. Modelos de especiación.
21. Patrones filogenéticos. Extinción y radiación. La evolución de la diversidad. La jerarquía de los procesos evolutivos.

#### *Prácticas*

1. Tipos de fósiles y estados de conservación.
2. Biometría.
3. Microfósiles.
4. Paleobotánica.
5. Archeociatos, Esponjas y Corales.

6. Braquiópodos y Briozoos.
7. Moluscos I: Bivalvos y Gasterópodos.
8. Moluscos II: Cefalópodos.
9. Trilobites y Graptolitos.
10. Equinodermos.
11. Peces.
12. Tetrápodos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BIGNOT, G. (1988). *Los microfósiles*. Paraninfo. Madrid. 284 pp.
- BLACK, R. M. (1988). *The Elements of Paleontology*. 2nd Ed. Cambridge University Press. Cambridge. 404 pp.
- CLARKSON, E. N. K. (1986). *Paleontología de Invertebrados y su evolución*. Paraninfo. Madrid. 357 pp.
- DOMENECH, R. y MARTINELL, J. (1996). *Introducción a los Fósiles*. Masson. Barcelona. 288 pp.
- LÓPEZ, N. (Coord.) (1988). *Guía de Campo de los Fósiles de España*. Pirámide. Madrid. 479 pp.
- LÓPEZ, N. y TRUYOLS, J. (1994). *Paleontología: conceptos y métodos*. Síntesis. Madrid. 334 pp.
- MELÉNDEZ, B. (1977). *Paleontología I: Parte general e invertebrados*. 2ª Ed. rev. y amp. Paraninfo. Madrid. 715 pp.
- MELÉNDEZ, B. (1986). *Paleontología II: Vertebrados: peces, anfibios, reptiles y aves*. 2ª Ed. corr. y act. Paraninfo. Madrid. 571 pp.
- MELÉNDEZ, B. (1990). *Paleontología III. Vol. I: Mamíferos (1ª parte)*. Paraninfo. Madrid. 383 pp.
- MELÉNDEZ, B. (1995). *Paleontología III. Vol. II: Mamíferos (2ª parte)*. Paraninfo. Madrid. 451 pp.
- SKELTON, P. (Ed.) (1993). *Evolution: A Biological and Palaeontological Approach*. Addison-Wesley. Wokingham, England. 1064 pp.

## PALEONTOLOGÍA APLICADA (114)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Significado del término Paleontología aplicada. Metodica. Desarrollo histórico. Tendencias actuales y vínculos con otras disciplinas geológicas.
2. Sistemas de clasificación y escalas basadas en datos paleontológicos. Clasificaciones de facies ecoestratigráficas, bioestratigráficas y cronoestratigráficas. Unidades biocronoestratigráficas. Escalas de facies. Escalas bioestratigráficas. Escalas de facies, bioestratigráficas y geocronológicas.

#### *II. Interpretaciones paleoambientales y sedimentológicas mediante datos paleontológicos*

3. Paleoicnología y sus aplicaciones. Clasificaciones paleoicnológicas. Icnofacies.
4. Organismos productores de sedimentos. Principales componentes biogénicos de los sedimentos. Bioconstrucciones. Biofacies.
5. Atributos ecológicos de interés paleoambiental: autoecológicos y sinecológicos. Bioindicadores e inferencias paleoambientales.
6. Eventos paleobiogeográficos de interés paleoambiental. Métodos paleobiogeográficos. Índices de semejanza faunística. Biomas y biotas. Entidades démicas y adémicas representadas en el registro fósil.
7. Evolución paleobiológica. Polimorfismo y politipismo. Eventos evolutivos de interés paleoambiental. Estrategias poblacionales y estabilidad ambiental.
8. Procesos y resultados tafonómicos relevantes en sedimentología y análisis de cuencas. Condensación tafonómica. Yacimientos de fósiles y tafofacies.

### *III. Fosildiagénesis y geología estructural*

9. Procesos de carbonificación. Índices de color y paleotemperaturas diagenéticas. Procesos de alteración fosildiagenética.

### *IV. Aplicaciones estratigráficas y paleogeográficas*

10. Conceptos básicos de bioestratigrafía cuantitativa. Atributos bioestratigráficos locales y regionales. Homotaxia y cronotaxia.
11. Métodos de seriación bioestratigráfica: diagramas de dispersión, índices de similitud, métodos de análisis multivariante, método de las asociaciones unitarias.
12. Ecoestratigrafía. Conceptos propuestos. Sucesiones y secuencias paleobiológicas. Sucesiones ecológicas y reemplazamientos faunísticos. Gradientes y clinos paleoecológicos. Paleoclimatología. Eventos, cambios y patrones paleobiogeográficos.
13. Tafonomía aplicada en Estratigrafía secuencial. Sucesiones y secuencias registráticas. Gradientes y clinos tafonómicos. Discontinuidades del registro geológico.

### *V. Biocronología y geocronología*

14. Biocronología. Fundamentos y teorías relevantes. Duración y extensión de los eventos bióticos. Clasificaciones y escalas de tiempo basadas en datos paleontológicos. Dataciones paleontológicas y calibraciones geocronológicas.
15. La escala de tiempo geológico. Subdivisiones del Fanerozoico. Significado de los términos: presente, reciente, viviente, moderno y actual. Principales eventos bióticos de interés geocronológico.

### *VI. Actuopaleontología y geología ambiental*

16. Evidencias de los ecosistemas actuales en el registro fósil. Periodicidad geológica de los eventos bióticos. Previsión de catástrofes bióticas.

### *VII. Aplicaciones técnicas de la paleontología*

17. Restauración y conservación de fósiles. Utilización de bancos de datos paleontológicos. Grupos sociales interesados por los datos paleontológicos.
18. Protección de yacimientos de fósiles. Legislación. Uso y gestión de los lugares protegidos.



### Prácticas

1. Técnicas paleontológicas. Muestreo y preparación de fósiles.
2. Descripción y caracterización de icnofósiles.
3. Interpretación de icnofacies.
4. Descripción y caracterización de biofacies.
5. Métodos de reconstrucción filogenética y análisis paleobiogeográfico.
6. Caracteres tafonómicos relevantes en el análisis de cuencas.
7. Descripción e interpretación de tafofacies.
8. Interpretación paleoambiental de sucesiones bioestratigráficas.
9. Utilización de los datos taxonómicos para la datación y correlación de sucesiones bioestratigráficas.
10. Métodos de seriación bioestratigráfica: Asociaciones unitarias.
11. Utilización de coeficientes biocronológicos.

### BIBLIOGRAFÍA

- BRIGGS, D. E. & CROWTHER, P.R. (Eds.) (1990). *Palaeobiology: a synthesis*. Blackwell. Oxford. 583 pp.
- BROMLEY, R.G. (1990). *Trace Fossils*. Unwin Hyman. London. 280 pp.
- FREY, R.W. & PEMBERTON, S. G. (1984). Trace fossils. Facies models. *Geoscience Canada* 1:89-207.
- GOLDRING, R. (1991). *Fossils in the Field: information potential and analysis*. Longman Scientific & Technical. Harlow. 218 pp.
- HÄNTZSHEL, W. (1975). *Trace fossils and problematica*. En: *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part W (Ed. C. Teichert). Geological Society of America & University of Kansas Press, Boulder, Colorado. 269 pp.
- LÓPEZ, N. y TRUYOLS, J. (1994). *Paleontología: Conceptos y métodos*. Síntesis. Madrid. 334 pp.
- PROTHERO, D. R. (1990). *Interpreting the stratigraphic record*. W.H. Freeman & Company. New York. 410 pp.
- SKELTON, P. (Ed.) (1993). *Evolution: A biological and palaeontological approach*. Addison-Wesley. Wokingham. 1063 pp.

## TERMODINÁMICA QUÍMICA (115)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **6** (4 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Química Física**

*Curso:* **Segundo**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Conceptos generales. Introducción. Sistemas y variables termodinámicas. Conceptos de temperatura; Transformaciones termodinámicas. Ecuación de Estado. Ecuación de estado del gas ideal.
2. Primer Principio de la Termodinámica. Energía interna. Intercambio de energía: trabajo y calor. Enunciado del Primer Principio. Entalpía. Capacidades calóricas. Aplicación a gases ideales.
3. Segundo Principio de la Termodinámica. Evolución de los procesos naturales. Enunciado del Segundo Principio: concepto de entropía. Reversibilidad y equilibrio. Energía libre: potenciales termodinámicos. Tercer principio de la Termodinámica. Propiedades en el cero absoluto de temperaturas.
4. Termoquímica. Entalpías y reacción. Entalpías de formación y combustión. Ley de Hess. Entalpía de disolución. Calorimetría. Variación de la entropía en una reacción química. Energía libre de reacción.
5. Potencial químico. Sistemas abiertos. La masa como variable termodinámica. Definición de potencial químico. Ecuación en Gibbs-Dühem. Condiciones generales de equilibrio. Propiedades molares parciales.
7. Gases y mezclas gaseosas. Ecuaciones de estado de los gases reales. Punto crítico. Principio de los Estados Correspondientes. Fugacidad. Coeficiente de Joule-Thomson. Mezclas gaseosas: comportamiento ideal y real.
8. Cambios de fase. Estados condensados de la materia. Transmisiones de Primer Orden: diagramas de fases. Ecuación de Clapeyron. Regla de las fases. Transiciones de orden superior.
9. Termodinámica de disoluciones I. Conceptos generales. Disoluciones ideales. Leyes de Raoult y de Henry. Disolución diluida ideal. Propiedades coligativas: descenso crioscópico y presión osmótica.
10. Termodinámica de disoluciones II. Disoluciones reales. Actividad y coeficiente de actividad. Funciones de mezcla. Variación de la actividad con la

temperatura y la presión. Disoluciones de electrolitos. Coeficiente de actividad iónica medio. Fuerza iónica.

- 11.- Equilibrio químico. Reacciones reversibles. Constante de equilibrio. Principio de Le Chatelier. Equilibrios heterogéneos. Equilibrios iónicos en disolución: productos de solubilidad, ácido-base y redox.
12. Equilibrio de Fases en Sistemas Minerales. Equilibrios en fases condensadas. Equilibrio líquido-líquido. Equilibrio sólido-sólido. Sistemas ternarios. Ejemplos y aplicaciones a la geología.
13. Equilibrio Químico en Sistemas Minerales. Diagramas de Actividad Acuosa. Diagramas de Actividad Mineral. Oxidación-reducción en sistemas minerales. Diagramas potencial-pH. Equilibrios redox a altas temperaturas.

### Prácticas

Se realizan 20 horas de resolución de problemas.

### BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, G. M. & CRERAR, D. A. (1993). *Thermodynamics in Geochemistry* Oxford University Press.
- ATKINS, P. W. (1991). *Fisicoquímica*. 3ª ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Wilmington. 1001 pp.
- ATKINS, P. W. (1994). *Physical chemistry*. Oxford University Press. Oxford. 1031 pp.
- AVERY, H. E. & SHAW, D. J. (1987). *Cálculos básicos en química física*. Reverté. Barcelona. 197 pp.
- BEARMAN, E. B. & CHU, B. (1974). *Problemas de Termodinámica Química*. AC. Madrid. 237 pp.
- CASTELLÁN, G. W. (1987). *Fisicoquímica*. 2ª ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Wilmington. 1057 pp.
- KLOTZ, J. M. & ROSENBERG, R. M. (1981). *Termodinámica Química: teoría y métodos básicos*. AC. Madrid. 485 pp.
- LEVINE, I. N. (1996). *Fisicoquímica*. 4ª ed. McGraw-Hill. Madrid. 2 vols.
- NORDSTROM, D. K. & MUÑOZ, J. L. (1994) *Geochemical Thermodynamics*. 2ª ed. Blackwell Scientific Publications. Boston. 493 pp.
- PELLICER, J & TEJERINA, F. (1979). *Termodinámica: Teoría y problemas*. AC. Madrid. 305 pp.
- TEJERINA, F. (1976-77). *Termodinámica*. Paraninfo. Madrid. 2 vols.
- SMITH, E. B. (1990). *Basic Chemical Thermodynamics*. 4ª ed. Clarendon Press. Oxford. 166 pp.
- WOOD, S. E. & BATTINO, R. (1990). *Thermodynamics of Chemical Systems*. Cambridge University Press. Cambridge.

## MEDIOS SEDIMENTARIOS (119)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción. Metodología del análisis de facies y medios sedimentarios*

1. Sedimentología. Análisis de facies y ambientes de sedimentación. Conceptos, desarrollo histórico y relaciones con otras ciencias.
2. Los medios y los procesos sedimentarios. Concepto de facies. Análisis de facies. Modelos de facies.

#### *II. Medios sedimentarios continentales: modelos de facies*

3. Sistemas aluviales. Introducción.
4. Abanicos aluviales. Caracteres morfológicos. Procesos y productos. El modelo proximal-distal. Relaciones con la tectónica.
5. Sistemas aluviales de baja sinuosidad. Introducción. Sistemas braided de gravas. Sistemas braided de arenas. Depósitos de corrientes efímeras.
6. Sistemas aluviales de alta sinuosidad. Sistemas meandriformes. Sistemas aluviales con canales fijos. Arquitectura fluvial: Factores en la conservación de los depósitos fluviales.
7. Lagos. Tipos de lagos. Controles y procesos lacustres. Tipos de sedimentos en los lagos.

#### *III. Medios sedimentarios costeros y marinos someros: modelos de facies*

8. Costas siliciclásticas. Introducción. Playas y complejos islas barrera-lagoon.
9. Costas siliciclásticas. Llanuras de marea y estuarios.
10. Plataformas siliciclásticas. Introducción. Factores que controlan la sedimentación. Tipos de plataformas siliciclásticas. Facies y formas sedimentarias en las plataformas. Secuencias y sucesiones características.
11. Sedimentación carbonática en mares someros. Controles de la sedimentación de carbonatos. Zonas de acumulación. Tipos de plataformas. Ambientes y subambientes. Plataformas carbonatadas antiguas. Secuencias de somerización.

12. Arrecifes. Introducción. Concepto de arrecife. Terminología en arrecifes. Discusión. Materiales arrecifales. Organismos constructores de arrecifes. El complejo ó edificio arrecifal. Morfologías. Posición de los arrecifes en las plataformas carbonáticas, y su evolución.
13. Deltas. Factores que controlan la formación de deltas. Tipos de deltas. Modelos.

#### *IV. Medios sedimentarios marinos profundos: modelos de facies*

14. Turbiditas y abanicos submarinos. Procesos y ambientes. Facies y Modelos de Facies.
15. Sedimentación pelágica. Características de los sedimentos pelágicos. Controles de su distribución. Modelos de facies. Estructuras y faunas características.

#### *V. Otros ambientes sedimentarios: modelos de facies*

16. Desiertos. Localización de zonas áridas. Características del transporte eólico. Principales depósitos de zonas áridas. Reconocimiento de depósitos antiguos de zonas áridas.
17. Sedimentación volcanoclástica. Terminología. Tipos de materiales y facies. Comparación entre fluidos newtonianos y flujos piroclásticos.

#### *Prácticas*

1. Descripción e interpretación de facies.
2. Sedimentación en sistemas aluviales. Análisis de facies.
3. Sedimentación en sistemas lacustres. Análisis de facies.
4. Sedimentación en costas y plataformas siliciclásticas. Análisis de facies.
5. Sedimentación en costas y plataformas carbonatadas. Análisis de facies.
6. Sedimentación en ambientes marinos profundos. Análisis de facies.
7. Mapas paleogeográficos y bloques diagrama.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ARCHE, A. (Coord.) (1992). *Sedimentología*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 2 vols.
- EMERY, D. & MYERS, K. (Eds.) (1996). *Sequence Stratigraphy*. Blackwell Science. Oxford U.K., 320 pp.
- READING, H. G. (Ed.) (1996). *Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy* 3ª ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 688 pp.
- TUCKER, M. E. & WRIGHT, V. P. (1990). *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 482 pp.
- WALKER, R. G. (Ed.) (1984). *Facies models*. 2nd Ed. Geological Association of Canada. Toronto, Ontario. 315 pp.
- WALKER, R. G. & JAMES, N. P. (Eds.) (1992). *Facies Models: response to sea level change*. Geological Association of Canada. Newfoundland. Canada. 454 pp.

## PETROLOGÍA ÍGNEA Y METAMÓRFICA I (117)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **9** (4 Teóricos + 5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Definición y conceptos fundamentales en Petrología Ígnea. Evolución histórica. Metodología del estudio de rocas ígneas.

#### *II. Aspectos composicionales*

2. Composición mineralógica. Análisis modal. Criterios generales de clasificación de rocas ígneas. Clasificaciones mineralógicas.
3. Composición química. Características generales de la composición química de las rocas ígneas. Norma CIPW. Clasificaciones químicas.
4. Elementos mayores. Diagramas de variación. Índices de variación. Tipos principales de series ígneas.
5. Elementos menores y trazas. Elementos compatibles e incompatibles. Coeficientes de distribución. Aplicación de los elementos menores y traza en Petrología Ígnea. Diagramas normalizados.
6. Geoquímica isotópica. Aplicación de los isótopos en petrología ígnea. Principales isótopos radiogénicos. Isótopos estables.

#### *III. Emplazamiento y morfología de los cuerpos ígneos*

7. Características físico-químicas de los magmas. Mecanismos de emisión volcánica. Edificios y estructuras volcánicas.
8. Materiales de la actividad volcánica subaérea. Productos lávicos: coladas y domos.
9. Productos piroclásticos: piroclastos de caída, coladas piroclásticas, surges piroclásticos, lahares. Productos autoclásticos.

10. Materiales de la actividad volcánica submarina: coladas submarinas, depósitos fragmentarios submarinos, pillow-brechas e hialoclastitas.
11. Formas plutónicas de yacimiento. Observaciones cartográficas. La fábrica de las rocas plutónicas: elementos planares y lineales. Petrología de enclaves e inclusiones.
12. Edad y nivel de emplazamiento. Mecanismos de emplazamiento y origen de plutones zonados.

#### *IV. Procesos magmáticos*

13. Diagramas de fase. Regla de las fases. Sistemas experimentales binarios con eutéctico, solución sólida y fusión incongruente.
14. Problemas de fusión y cristalización en sistemas binarios.
15. Sistemas ternarios. Fusión comparada con cristalización en un sistema ternario con eutéctico. Curvas de fusión y cristalización de rocas naturales. Influencia de los volátiles.
16. Generación de magmas. Posibilidades de formación de magmas en el manto y la corteza.
17. El proceso de fusión parcial: factores composicionales y de factores físicos. Tipos de fusión parcial: fusión en equilibrio y fusión fraccionada. Mecanismos de segregación y ascenso de los magmas.
18. Diferenciación y fraccionamiento magmáticos. Diferenciación entre líquidos: difusión, convección e inmiscibilidad.
19. Mecanismos de separación magmática de fases sólidas y líquidos. Segregación gravitatoria. Frentes de solidificación y efecto filtro-prensa. Diferenciación por flujo.
20. Fenómenos de diferenciación ígnea en sistemas abiertos. Mezcla e hibridación de magmas. Fenómenos de asimilación y contaminación. Criterios de reconocimiento de fenómenos de mezcla o asimilación magmática.

#### *V. Asociaciones ígneas*

21. Generación de magmas basálticos. Asociaciones toleíticas volcánicas.
22. Asociaciones alcalinas y ultraalcalinas. Complejos plutono-volcánicos.
23. Rocas ultrapotásicas. Kimberlitas. Lamprófidos.
24. Rocas máficas y ultramáficas. Complejos plutónicos estratiformes.

25. Series calcoalcalinas y shoshoníticas. Asociaciones en arcos insulares y márgenes continentales.
26. Variedad de asociaciones graníticas. Ambientes geotectónicos en que aparecen. Origen de magmas graníticos.

### Prácticas

1. Minerales petrográficos principales: claros y coloreados.
2. Minerales petrográficos accesorios y minerales secundarios.
3. Texturas y estructuras de rocas ígneas (I)
4. Texturas y estructuras de rocas ígneas (II).
5. Análisis y clasificaciones modales, de rocas ígneas.
6. Rocas ultramáficas y máficas asociadas.
7. Rocas volcánicas alcalinas.
8. Asociaciones plutónicas alcalinas.
9. Rocas volcánicas calcoalcalinas.
10. Complejos plutónicos calcoalcalinos y peraluminicos.
11. Rocas filonianas.

### BIBLIOGRAFÍA

- ARAÑA, V. y LÓPEZ, J. (1974). *Volcanismo: dinámica y petrología de sus productos*. Istmo. Madrid. 481 pp.
- BARKER, D. S. (1983). *Igneous Rocks*. Prentice-Hall. New Jersey. 417 pp.
- BEST, M. G. (1982). *Igneous and metamorphic petrology*. Freeman. New York. 630 pp.
- BROWN, G. et.al. (1988). *The earth: structure, composition and evolution. Block 3: Igneous Processes: phases relations and geochemistry*. Open University. Milton Keynes. 105 pp.
- CASTRO, A. (1989.) *Petrografía básica*. Paraninfo. Madrid. 100 pp.
- COX, K. G.; BELL, J. D. & PANKHURST, R. J. (1979). *The Interpretation of Igneous rocks*. Allen & Unwin. London. 450 pp.
- FRANCIS, P. (1993). *Volcanoes: a planetary perspective*. Clarendon Press. Oxford. 443 pp.
- HALL, A. (1987). *Igneous Petrology*. Longman Scientific & Technical. Burnt Mill, Harlow. 573 pp.
- MACKENZIE, W. S. & GUILFORD, C. (1991). *Atlas of rock-forming minerals in thin section*. Longman Scientific & Technical. Harlow. 98 pp.
- MACKENZIE, W. S.; DONALDSON, C. H. & GUILFORD, C. (1991). *Atlas of igneous rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical. Harlow. 148 pp.
- MCBIRNEY, A. R. (1984). *Igneous Petrology*. Freeman, Cooper & Company. San Francisco, California. 504 pp.
- WILSON, M. (1989). *Igneous Petrogenesis: a global tectonic approach*. Unwin Hyman. London. 480 pp.



## PETROLOGÍA ÍGNEA Y METAMÓRFICA II (120)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Significado del metamorfismo*

1. Aspectos históricos de la Petrología Metamórfica.
2. Definición y límites de Metamorfismo. El tránsito diagénesis-metamorfismo. Tipos de metamorfismo.

#### *II. Factores del metamorfismo*

3. La presión. Presión de carga. Presión de fluido. Presiones dirigidas.
4. La temperatura. Flujo térmico terrestre y fuentes de calor. Gradientes geotérmicos. Evolución termobárica de las rocas metamórficas. Trayectorias P-T-t. Concepto de pico metamórfico y de geoterma metamórfica.
5. La fase fluida en el metamorfismo. Composición química y origen del fluido durante el metamorfismo. Propiedades físicas. Localización y circulación del fluido.
6. La variable tiempo en el metamorfismo. Aplicación de los métodos radiométricos. Datación del metamorfismo progrado y retrógrado. Termocronología.

#### *III. Aspectos físico-químicos y sistemática del metamorfismo*

7. Aspectos termodinámicos. Las rocas metamórficas como sistemas en equilibrio. Concepto de paragénesis y regla de las fases. Tipos de reacciones.
8. El espacio composicional. Representaciones gráficas de las paragénesis. Proyecciones AFM y otras.
9. Sistemática del espacio P-T. Concepto de facies metamórfica de Eskola y división en facies. Series de facies de Miyashiro. División en grados metamórficos de Winkler.

10. Cinética de las reacciones metamórficas. Velocidad de reacción. El papel de la temperatura. La difusión intracrystalina y la zonación mineral.

#### *IV. La fábrica de las rocas metamórficas. Clasificación y nomenclatura*

11. Estructuras de las rocas metamórficas. Esquistosidad y lineaciones minerales. Mecanismos involucrados en su desarrollo. Terminología.
12. Texturas de las rocas metamórficas. Texturas del metamorfismo regional. Relaciones blastesis-deformación. Texturas del metamorfismo dinámico. Metamorfismo de contacto.
13. Clasificación de las rocas metamórficas.

#### *V. Organización espacial y sistemática del metamorfismo*

14. Zonalidad metamórfica y arquitectura termal del metamorfismo. Mineral índice e isograda. Zonalidad mineral. Relación con las estructuras tectónica.

#### *VI. El metamorfismo de los principales tipos litológicos*

15. Metamorfismo de rocas pelíticas y cuarzo-feldespáticas.
16. La anatexia. Aspectos físico-químicos. Tipología de migmatitas. Granitos anatócticos.
17. Metamorfismo de rocas carbonatadas. Mármoles y rocas de silicatos cálcicos.
18. Los skarns. Tipología. Condiciones de formación. Aspectos económicos.
19. Metamorfismo de rocas básicas.
20. Metamorfismo de rocas ultrabásicas.

#### *VII. El metamorfismo en el contexto geodinámico*

21. Metamorfismo y geotectónica. El metamorfismo en zonas de subducción y colisión continental. Metamorfismo en regímenes extensionales.

#### *Prácticas*

1. Clasificación y reconocimiento de *visu* de rocas metamórficas.
2. Reconocimiento al microscopio de minerales de rocas metapelíticas.
3. Texturas de rocas metapelíticas.

4. Estudio paragenético de metapelitas y condiciones P-T.
5. Metamorfismo de contacto en metapelitas.
6. Reconocimiento microscópico de minerales de otros grupos de rocas.
7. Mármoles. Paragénesis y condiciones P-T.
8. Rocas de silicatos cálcicos. Paragénesis y condiciones P-T.
9. Metabasitas I. Paragénesis y condiciones P-T.
10. Análisis de una región metamórfica tipo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ASHWORTH, J. R. (Ed.) (1985). *Migmatites*. Blackie. Glasgow. 302 pp
- BARD, J. P. (1985). *Microtexturas de rocas magmáticas y metamórficas*. Masson. Barcelona. 181 pp.
- BARKER, A. J. (1990). *Introduction to metamorphic textures and microstructures*. Blackie. Glasgow. 162 pp.
- BEST, M. G. (1982). *Igneous and Metamorphic Petrology*. W.H. Freeman & Company. New York. 630 pp.
- BUCHER, K. & FREY, M. (1994). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag. Berlin. 318 pp.
- CASTRO, A. (1989). *Petrografía básica: Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas*. Paraninfo. Madrid. 143 pp.
- FREY, M. (Ed) (1984). *Low temperature metamorphism*. Blackie. Glasgow. 351 pp.
- KORNPROST, J. (1994). *Les roches métamorphiques et leur signification géodynamique*. Masson. Paris. 224 pp.
- MEHNERT, K. R. (1968). *Migmatites*. Elsevier. Amsterdam. 393 pp.
- MIYASHIRO, A. (1994). *Metamorphic Petrology*. Press Limited. London. 404 pp.
- PHILPOST, A. R. (1990). *Principles of igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. 498 pp.
- YARDLEY, B. W. D. (1991). *An introduction to metamorphic petrology*. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex. 248 pp.
- YARDLEY, B. W. D.; MACKENZIE, W. S. & GUILFORD, C. (1990). *Atlas of metamorphic rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical. Burnt Mill, Harlow, Essex. 120 pp.

## PETROLOGÍA SEDIMENTARIA I (116)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **5** (2 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Contexto general, definiciones y metodología.
2. Naturaleza y origen de las rocas sedimentarias.
3. Procesos generadores. Geoquímica de las aguas naturales.

#### *II. Caracterización de los sedimentos y rocas detríticas*

4. Las texturas de los sedimentos y rocas detríticas: el tamaño de los clastos.
5. Las texturas de los sedimentos y rocas detríticas: forma, redondez, características superficiales y fábrica.
6. Criterios de clasificación de los sedimentos y rocas detríticas.

#### *III. Sedimentos y rocas rudáceas*

7. Sedimentos y rocas rudáceas: introducción, texturas, estructuras y composición.
8. Sedimentos y rocas rudáceas: clasificación, ambientes de sedimentación y diagénesis.

#### *IV. Sedimentos y rocas arenáceas*

9. Sedimentos y rocas arenáceas: introducción, texturas, estructuras y composición.
10. Sedimentos y rocas arenáceas: clasificación, principales familias y composición química.
11. Sedimentos y rocas arenáceas: procedencia y ambientes de sedimentación.
12. Sedimentos y rocas arenáceas: diagénesis.

#### *V. Sedimentos y rocas lutáceas*

13. Sedimentos y rocas lutáceas: introducción, texturas, estructuras y composición.
14. Sedimentos y rocas lutáceas: clasificación, ambientes de sedimentación y diagénesis.

### Prácticas

1. Introducción al estudio de las rocas detríticas: Materiales sedimentarios. Clasificación de las rocas sedimentarias. Estructuración de una roca detrítica. Nomenclatura de los componentes de una roca detrítica. Caracteres texturales.
2. El esqueleto: Tipos de componentes: Definiciones. Componentes monominerales. Componentes poliminerales.
3. La pasta: cemento y matriz. Definiciones. Tipos texturales de cementos. Tamaño y forma de los cristales. Tipo de contactos entre cristales. Relación entre cristales y clastos.
4. Conglomerados I: Generalidades. Criterios de clasificación . Nomenclatura. "Visu" y petrografía microscópica
5. Conglomerados II: Visu y petrografía microscópica.
6. Areniscas I: generalidades y cuarzoarenitas: Clasificación. Concepto de matriz en areniscas. Visu y petrografía microscópica de cuarzoarenitas.
7. Areniscas II: arcosas. Visu y petrografía microscópica.
8. Areniscas III: litoarenitas. Visu y petrografía microscópica.
9. Areniscas IV: grauvacas. Visu y petrografía microscópica.
10. Lutitas: Clasificación. Mineralogía. Visu y petrografía microscópica.

### BIBLIOGRAFÍA

- BLATT, M. (1982). *Sedimentary Petrology*. W.M. Freeman & Co. 564 pp.
- BLATT, M.; MIDDLETON, G. V. & MURRAY, R. C. (1980). *Origin of Sedimentary Rocks*. Prentice-Hall, New Jersey, 634 pp.
- CAROZZI, A. V. (1993). *Sedimentary Petrography*. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 263pp.
- CHAMLEY, H. (1989). *Clay sedimentology*. Springer-Verlag, 623pp.
- FOLK, R. L. (1980). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publ.Co. Austin. 159 pp.
- FÜCHTBAUER, H. (1974). *Sediments and Sedimentary Rocks*. Schweizerbart. Stuttgart. 464 pp.
- GARRELS, R. M. & MACKENZIE, E. T. (1971). *Evolution of Sedimentary Rocks*. Norton. New York. 387 pp.
- PETTIJOHN, F. J. (1975). *Sedimentary Rocks*. Harper & Row. New York. 628 pp.
- PETTIJOHN, F. J.; POTTER, P. E. & SIEVER, R. (1972). *Sand and Sandstones*. Springer-Verlag. Berlin, 617 pp.
- POTTER, P. E.; MAYNARD, J. B. & PRYOR, W. A. (1980). *Sedimentology of Shale*. Springer Verlag. 310 pp.
- SIEVER, R. (1988). *Sands*. Scientific American Library. 237 pp.
- TUCKER, M. E. (1988). *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publ. 394 pp.
- TUCKER, M. E. (1991). *Sedimentary Petrology. An introduction to the origin of sedimentary rocks*. 2<sup>nd</sup> edition. Blackwell Scientific Publications. 260 pp.

## PETROLOGÍA SEDIMENTARIA II (122)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Sedimentos y rocas carbonáticas*

1. Físico-química aplicada a la precipitación-disolución de carbonatos. Factores que controlan la precipitación-disolución de carbonatos: pH, pCO<sub>2</sub>, T, Presión. Precipitación de carbonatos en el agua del mar: niveles de saturación y compensación. Solubilidad de los polimorfos de CaCO<sub>3</sub>.
2. Geoquímica de carbonatos. Elementos mayores y traza. Isótopos estables en carbonatos :  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$
3. Carbonatos marinos. Factores que controlan la sedimentación de carbonatos. Componentes y rasgos característicos de los carbonatos marinos. Microfacies de Wilson.
4. Carbonatos continentales. Depósitos y rasgos característicos de los carbonatos fluviales y lacustres. Ambientes de exposición subaérea: carbonatos edáficos y cársticos.
5. Procesos diagenéticos. Estadios y ambientes diagenéticos. Procesos diagenéticos, Neomorfismo. Compactación. Cementación. Disolución. Micritización. Reemplazamientos : dolomitización, modelos de dolomitización.

#### *II. Rocas silíceas en ambiente exógeno*

6. Rocas silíceas. Solubilidad de la sílice en función del pH. Tipos de depósitos silíceos. Mecanismos de formación.

#### *III. Evaporitas*

7. Introducción. Importancia geológica de las evaporitas. Mineralogía. Salmueras. Condiciones de precipitación a partir de salmueras.
8. Secuencias de precipitación a partir de salmueras. Secuencias de precipitación en el agua del mar. Espectro composicional de salmueras. Diagramas de

Valyashko. Adecuación de los modelos teóricos a la interpretación las salmueras naturales.

9. Ambientes de sedimentación de evaporitas: ambientes continentales. Lagos salinos efímeros y perennes.
10. Ambientes marinos de sedimentación de evaporitas. Sabkhas. Salinas. Evaporitas de plataforma. Evaporitas de Cuenca. Modelo simplificado de cuenca evaporítica.
11. El sistema yeso-anhidrita. Características de los depósitos de anhidrita. Influencia de la Temperatura en el sistema  $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Transformación yeso-anhidrita-yeso. Manufactura y aplicaciones del yeso y la anhidrita.

#### *IV. Materia orgánica: carbones y petróleo*

13. Introducción a los combustibles fósiles. Composición de la materia orgánica: diagramas de Francis y Van Krevelen. Producción de MO y acumulación en los sedimentos.
14. Carbones: clasificación y ambientes de formación. Evolución diagenética
15. Petróleos y otros depósitos de hidrocarburos. Composición y tipos de petróleo. Condiciones diagenéticas de formación del petróleo.

#### *V. Rocas ferruginosas*

16. Mineralogía. Procedencia y transporte del hierro. Físicoquímica y condiciones de formación. Tipos de rocas ferruginosas.

#### *VI. Rocas fosfáticas*

17. Mineralogía. Características. Tipos de fosfatos. Ambientes de formación.

#### *VII. La degradación de las rocas utilizadas en la construcción*

18. Procesos de degradación. Factores principales. Métodos de estudio. Medidas de restauración.

#### *Prácticas*

1. Reconocimiento de los componentes de las rocas carbonáticas I: matriz, cemento y bioclastos.

2. Reconocimiento de los componentes de las rocas carbonáticas II: oolitos, peloides, intraclastos, extraclastos y otros.
3. Clasificación de las rocas carbonáticas.
4. Petrografía de carbonatos marinos: interpretación ambiental
5. Petrografía de carbonatos continentales
6. Diagénesis de rocas carbonáticas I: micritización, disolución, cementación, recristalización.
7. Diagénesis de rocas carbonáticas II: dolomitización, compactación. La porosidad.
8. Rocas silíceas
9. Rocas evaporíticas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BATHURST, F. G. C. (1975). *Carbonate sediments and their diagenesis*. Develop. In Sedimentology, 47. Elsevier. Amsterdam. 658 pp.
- BERNER, R. A. (1971). *Principles of chemical sedimentology*. McGraw-Hill. New York. 240 pp
- BJORLIKE, K. (1989). *Sedimentology and petroleum geology*. Springer-Verlag. Berlin. 363 pp.
- DREVER, J. I. (1988). *The Geochemistry of natural waters*. Prentice-Hall. New Jersey.
- FLÜGEL, E. (1982). *Microfacies analysis of limestones*. Springer-Verlag. Berlin. 610 pp.
- FREYET, P. & PLAZIAT, J. C. (1982). *Continental carbonate sedimentology and pedogenesis*. Contrib. Sedim. 11. Schweizerbart. Stuttgart. 216 pp.
- MCILREATH, I. A. & CHOQUETTE, D. V. (Eds.) (1990). *Diagenesis*. Geoscience Canada. Reprint Series 4, 338 pp.
- MELVIN, J. L. (Ed.) (1991). *Evaporites, petroleum and Mineral Resources*. Elsevier Pub.Co. Amsterdam. 556 pp.
- SCHOLLE, P. A.; BEBOUT, C. G. & MOORE, C. H. (Eds.) (1983). *Carbonate Depositional Environments*. Mem. AAPG, 33, 708 pp.
- TUCKER, M. E. (1991). *Sedimentary Petrology. An Introduction to the origin of sedimentary rocks*. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 269 pp.
- TUCKER, M. E. & WRIGHT, V. P. (1991). *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 482 pp.
- WARREN, J. K. (1989). *Evaporite Sedimentology*. Prentice Hall. New Jersey. 285 pp.



## TECTÓNICA (121)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **8** (5 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Tectónica global*

1. Perspectiva histórica: de la deriva de los continentes a la Tectónica de Placas. Evolución del concepto de Tectónica Global y su influencia en el campo de las Ciencias de la Tierra.
2. El marco de la Tectónica de Placas. Modelo sísmico de las placas. Placas litosféricas y sus bordes. Movimiento relativos y absolutos. Teorema de Euler.
3. Reconstrucción geométrica de los continentes. Deriva continental en el marco de la Tectónica de Placas. Deriva aparente de los polos: paleomagnetismo.
4. Reconstrucción geométrica de los océanos. Hipótesis de Vine-Matthews. Expansión del fondo oceánico en el contexto de la Tectónica de Placas. Inversiones del campo geomagnético. Polos de rotación finita e instantáneo.
5. Mecanismo de la Tectónica de Placas. Flujo de calor interno. Modelos convectivos. Causas del movimiento de las placas: arrastre del manto, fuerzas de empuje en los bordes.
6. Corolarios geológicos. Ciclo de Wilson. Cuencas y cordilleras. Deformación intraplaca. Esfuerzos derivados del movimiento de las placas. Mecanismos focales de los terremotos.

#### *II. Regímenes tectónicos*

7. Regímenes tectónicos extensionales. Estructuras asociadas. Geometría de los sistemas de fallas normales. Modelos cinemáticos. Cálculo de la extensión. Tipos de regímenes extensionales.
8. Dorsales oceánicas. Características morfológicas y estructurales. Estructura de la litosfera bajo las dorsales. Rifts continentales. Características estructurales. Clasificación. Origen y formación. Aulacógenos. Impactógenos. Provincias extensionales en márgenes convergentes.

9. Modelos de deformación de la litosfera en regímenes extensionales. Deformación de la litosfera por cizalla pura. Deformación de la litosfera por cizalla simple. Modelos de deformación flexural.
10. Regímenes transcurrentes. Geometría de las zonas de desgarres. Estudios teóricos y experimentales. Transpresión y transtensión. Formación de cuencas en zonas de desgarres.
11. Las placas y las zonas de desgarres. Fallas transformantes oceánicas. Características morfológicas y estructurales. Fallas transformantes continentales. Asociaciones estructurales en estas zonas. Modelos cinemáticos. Estructura de la litosfera. Zonas de desgarres intraplaca.
12. Regímenes tectónicos en compresión. Principales estructuras. Cabalgamientos. Geometría y pliegues asociados. Sistemas de cabalgamientos. Cinemática de los sistemas de cabalgamientos. Cálculo del desplazamiento; cortes compensados.
13. Zonas de subducción. Elementos morfoestructurales. Distribución de los esfuerzos. Geometría de la placa descendente. La "acreción" tectónica: el prisma de acreción. La erosión tectónica.
14. Orógenos. Anatomía de los cinturones orogénicos. Cuencas de ante-país. Cinturones de cabalgamientos. Zonas internas. Características de la litosfera en los orógenos. Tipos de orógenos.
15. Orógenos no colisionales. Orógenos de tipo andino. Orógenos colisionales. Modelos de colisión continental. El escape tectónico.
16. Terrenos exóticos. Definición. Identificación y reconocimiento de los terrenos exóticos. Origen.
17. Tectónica de áreas cratónicas. Sismicidad y esfuerzos. Naturaleza de la litosfera en los cratones. Estructuras intraplaca. Cuencas sedimentarias. Áreas levantadas. Zonas de fallas. Márgenes continentales pasivos. Origen de las estructuras intraplaca.
18. Diapiros salinos. Estructura diapíricas. Estructuras internas. Registro sedimentario de la tectónica asociada a diapiros. Procesos de emplazamiento. Crecimiento autoctóno en regímenes en extensión y en compresión.
19. Tectónica de inversión . Origen de la inversión tectónica. Parámetros que controlan la geometría de las estructuras. Geometría de fallas normales invertidas.
20. Neotectónica. Definición. Disciplinas asociadas. Métodos de la Neotectónica. Sismotectónica. Identificación de estructuras "activas". Características de las estructuras neotectónicas.
21. Tectónica del Proterozoico. Cinturones de rocas verdes y domos gneísicos. Tectónica del Fanerozoico. Grandes cadenas de plegamiento.

### Prácticas

1. Cinemática de placas y evolución temporal.
2. Estabilidad de puntos triples.
3. Mecanismos focales.
4. Métodos objetivos de construcción de cortes geológicos.
5. Cortes compensados.

### BIBLIOGRAFÍA

- COWARD, P. L.; DEWEY, J. F. & HANCOCK, P. L. (Eds.) (1987). *Continental Extensional Tectonics*. Geological Society. London. 637 pp.
- MARSHACK, S. & HANCOCK L. (Ed.) (1994). *Continental Deformation*. Pergamon Press. Oxford. 421 pp.
- HSU, K. J. (Ed.) (1982). *Mountain Building Processes*. Academic Press. London. 263 pp.
- KEAREY, P. & FREDERICK J. V. (1994). *Global Tectonics*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 302 pp.
- MCCLAY, K. R. (1991). *Thrust Tectonics*. Chapman & Hall.
- MITRA, G. (Eds.) (1988). *Basic methods of structural geology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. 445 pp.
- PARK, R.G. (1988). *Geological structures and moving plates*. Blackie. Glasgow. 337 pp.
- RAMSAY, J. G. & HUBER, M. I. (1987). *The Techniques of Modern Structural Geology*. Vol. II. Academic Press. London.
- TWISS, R. J. & MOORES, E. M. (1992). *Structural Geology*. Freeman. New York. 532 pp.

## TRABAJO DE CAMPO (118)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **12** (12 Prácticos)

Departamentos responsables: **Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía, Geodinámica, Paleontología, Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

## CONTENIDOS

Trabajos básicos e integrados de Geología sobre el terreno y realización de mapas geológicos.

Se desarrollan en campamentos que suponen un total de 14 días de permanencia de los alumnos en el campo.

## BIOSEDIMENTACIÓN (125)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Definición de Biosedimentación. Influencia de los organismos en los procesos de formación, estabilización, erosión y modificación de los sedimentos.

#### *II. Biomineralización*

2. Procesos de biomineralización. Teorías sobre el origen de las estructuras minerales en los organismos. Diversidad de composiciones de las estructuras producidas por biomineralización. Tipos de biomineralización.

#### *III. Microestructuras y estructuras esqueléticas*

3. Concepto de microestructura. Métodos de estudio. Elementos básicos de los componentes microestructurales. Tipos de microestructuras.
4. Relación de las microestructuras con las estructuras esqueléticas. Influencia de la microestructura en la conservabilidad de los restos de organismos. Escalas de durabilidad.

#### *IV. Agentes bióticos productores de sedimentos*

5. Algas calcáreas y estromatolitos. Procesos de calcificación en algas y cianobacterias. Clasificación de los carbonatos de origen microbiano.
6. Los protistas como productores de sedimento. Importancia en el registro sedimentario.
7. Los invertebrados como productores de sedimento. Importancia relativa y ejemplos clásicos del registro sedimentario.
8. Los vertebrados y las plantas como productores de sedimento.

*V. Bioconstrucciones*

9. Terminología. Biohermos y biostromos. Arrecifes y bancos. Montículos arrecifales y no arrecifales.
10. Bioconstrucciones no arrecifales. Mud Mounds, montículos no arrecifales y bancos. Registro histórico.
11. Estructura de los arrecifes. Factores biológicos en su desarrollo. Componentes bióticos. Distribución espacial de los organismos en las facies arrecifales
12. Variaciones de los organismos constructores en la historia geológica. Reconocimiento de facies arrecifales en el registro sedimentario. Distinción de facies bioconstruidas no arrecifales y arrecifes.

*VI. Biodetríticos*

13. Rocas biodetríticas. Tipos de sedimentos con concentraciones de bioclastos. Origen y desarrollo.
14. Reconocimiento de factores del medio mediante el análisis de las rocas bioclásticas.

*VII. Agentes bióticos de alteración de sedimentos*

15. Terminología icnológica. Nomenclatura utilizada en icnología y paleoicnología.
16. Excavaciones: causas y tipos. Variaciones de la interacción animal/sedimento en función del sustrato.
17. Tipos de organismos excavadores. Microorganismos excavadores. Acción excavadora de gusanos, cnidarios, bivalvos y artrópodos.
18. Sinecología de las excavaciones. Comensalismo. Amensalismo. Sucesión de comunidades. Gradaciones. Modelos de bioturbación.

*VIII. Paleoicnología*

19. Tafonomía de las pistas fósiles. Potencial de conservación. Estructuras acumulativas. Estructuras destructivas. Relaciones entre morfología original y morfología preservacional de los icnofósiles.
20. Icnotaxonomía. Estatus de la nomenclatura de las pistas fósiles. Icnogéneros e icnoespecies. Clasificaciones preservacionales. Clasificaciones etológicas. Interpretación funcional de las pistas fósiles.
21. Reconocimiento de procesos de modificación de sedimentos por organismos: concepto de icnofábrica. Metodología de trabajo. Asociaciones de pistas fósiles. Icnofacies.

### IX. Bioerosión

22. Estructuras bioerosivas. Acción de predadores y raspadores.

#### Prácticas

1. Reconocimiento de microestructuras y componentes biominerales en lámina delgada.
2. Identificación de productores de sedimento en lámina delgada. I: Algas calcáreas y estromatolitos.
3. Identificación de productores de sedimento en lámina delgada. II: Protistas.
4. Identificación de productores de sedimento en lámina delgada. III: Invertebrados (1)
5. Identificación de productores de sedimento en lámina delgada. IV: Invertebrados (2) y Vertebrados, Plantas.
6. Reconocimiento de facies bioconstruidas en lámina delgada.
7. Identificación de zonaciones en arrecifes a partir de morfologías de los componentes bióticos.
8. Reconocimiento de biodetríticos en muestra de mano y en lámina delgada.
9. Reconstrucción de ambientes a partir de biofacies.
10. Icnotaxonomía.
11. Interpretación funcional de pistas fósiles.
12. Reconocimiento y análisis de icnofacies.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, E. (1989). *Nuevas tendencias en Paleontología*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 433 pp.
- ARCHE, A. (1992). *Sedimentología*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 2 vols.
- BROMLEY, R. G. (1990). *Trace Fossils*. Unwin Hyman. Londres. 280 pp.
- DODD, J. R. & STANTON, R. J. (1981). *Paleoecology: concepts and applications*. John Wiley & Sons. New York. 559.
- EINSELE, G.; RICKEN, W. & SEILACHER, A. (1991). *Cycles and Events in Stratigraphy*. Springer Verlag. Berlín. 955 pp.
- FLÜGEL, E. (1982). *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer Verlag. Berlín. 633 pp.
- GOLDRING, R. (1991). *Fossils in the Field*. John Wiley & Sons. New York. 218 pp.
- LAPORTE, L. F. (Ed.) (1974). *Reefs in Time and Space*. Society of Economic Paleontologist. Tulsa, Oklahoma. 256 pp.
- MAJEWSKE, O. P. (1974). *Recognition of invertebrate fossil fragments in rocks and thin sections*. E.J. Brill. Leiden. 101 pp.
- SCHOLE, P. A., BEBOUR, D. G. & MOORE, C. H. (Eds.) (1991). *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologists. Tulsa, Oklahoma. 708 pp.

## CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA (124)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de las Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **6** (1,5 Teóricos + 4,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Definiciones. Objetivos del mapa geológico. Su relación con otras disciplinas de la Ciencias Geológicas.

#### *II. Elementos básicos para la elaboración de mapas geológicos*

2. Componentes de los mapas geológicos.
3. Metodología para la cartografía geológica.
4. Leyendas, diferentes tipos. Esquemas complementarios. Cortes geológicos.
5. Criterios de agrupamiento de los materiales geológicos.

#### *III. Cartografía geológica en diferentes ambientes estructurales*

6. Cartografía geológica en áreas con materiales horizontales, homoclinales y monoclinales.
7. Cartografía geológica en áreas con materiales plegados.
8. Cartografía geológica en áreas con materiales fracturados.
9. Cartografía geológica en áreas con materiales diapíricos.
10. Cartografía geológica de los diferentes tipos de discordancias.

#### *IV. Cartografía geológica en diferentes ambientes litológicos*

11. Cartografía geológica en regiones con materiales sedimentarios.



12. Cartografía geológica en regiones con materiales metamórficos.
13. Cartografía geológica en regiones con materiales plutónicos.
14. Cartografía geológica en regiones con materiales volcánicos.

#### V. Utilización de medios informáticos en cartografía geológica

15. Cartografía informatizada. Sistemas de Información Geográfica (GIS)

#### Prácticas

Las prácticas de laboratorio consisten en la realización de mapas geológicos a partir de la interpretación de pares estereoscópicos de fotografías aéreas y el paso de esta cartografía a mapas topográficos detallados de la misma zona. Estas prácticas se encuentran integradas con las prácticas de campo, realizándose en una de éstas la comprobación de la interpretación realizada.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BANDAT, H. F. von (1962). *Aerogeology*. Gulf Publishing. Houston, Texas. 350 pp.
- BOULTER, C. A. (1989). *Four dimensional analysis of geological maps: techniques of interpretation*. John Wiley & Sons. Chichester. 296 pp.
- BUTLER, B. C. M. & BELL, J. D. (1989). *Interpretation of Geological Maps*. Longman Scientific & Technical. London. 236 pp.
- MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, J. A. (1991). *Mapas geológicos: explicación e interpretación*. 4ª Ed. act. y amp. Paraninfo. Madrid. 301 pp.
- MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, J. A. (1989). *Cartografía geológica*. Paraninfo. Madrid. 477 pp.

## TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN MINERAL (123)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Tercero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción: análisis mineralógico por métodos físicos. Instrumentos analíticos.
2. Radiación electromagnética y su interacción con la materia: Componentes de los instrumentos utilizados en espectroscopia.
3. Preparación de muestras.
4. Física de los rayos X. Características de los RX.
5. Teoría de la Difracción .I: direcciones de los rayos difractados. Ecuaciones de Laue. Técnicas generales de difracción. Ley de Bragg. II: intensidades de los rayos difractados. Factor de estructura. Determinación del grupo espacial.
6. Técnicas de difracción de rayos X: técnicas de monocristal y de polvo policristalino. Aplicaciones generales y especiales del método del polvo policristalino.
7. Técnicas térmicas: análisis termodiferencial y termogravimétrico. Calorimetría diferencial de barrido. Difracción de RX en cámaras de alta y baja temperatura.
8. Espectroscopías vibracionales: infrarrojo y Raman. Fundamentos. Aplicaciones en Mineralogía y Ciencia de Materiales.
9. Microscopía electrónica de transmisión y difracción de electrones. Microscopía electrónica de barrido. Microscopio electrónico. Componentes. Aplicaciones en Mineralogía y Ciencia de Materiales.
10. Otras Técnicas.

### Prácticas

1. Identificación de sustancias desconocidas a partir de su diagrama de difracción de rayos X. Utilización de programas informáticos de identificación.
2. Asignación de índices hkl y determinación de parámetros reticulares a un material cúbico a partir de su diagrama de polvo.
3. Determinación de la celda unidad y elementos de simetría traslacionales.
4. Determinación de la composición en soluciones sólidas a partir de diagramas de difracción de rayos X.
5. Interpretación de curvas de ATD y TG. Cálculo del número de moléculas de agua. Identificación de reacciones químicas, transformaciones polimórficas.
6. Identificación de los principales grupos aniónicos mediante espectroscopia infrarroja.
7. Análisis de imágenes de microscopía electrónica de transmisión, de barrido y de difracción de electrones.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALBELLA, J. M.; CINTAS, A. M.; MIRANDA, T. y SERRATOSA, J. M. (Coord.) (1993). *Introducción a la Ciencia de los materiales: Técnicas de preparación y caracterización*. Ed. CSIC.
- BERMÚDEZ POLONIO, J. (1981). *Métodos de difracción de rayos X: principios y aplicaciones*. Ed. Pirámide.
- BISH, D. L. Y POST, J. E. (Ed.) (1989). *Modern powder diffraction*. Reviews in Mineralogy, vol. 20. Ed. Mineralogical Society of America.
- BUSECK, P. R. (Ed.) (1992). *Minerals and reactions at the atomic scale: transmission electron microscopy*. Reviews in Mineralogy, vol. 27. Ed. Mineralogical Society of America.
- FARMER, V.C. (Ed.) (1994). *The infrared spectra of minerals*. Ed. Mineralogical Society of America.
- GONZÁLEZ, R.; PAREJA, R. y BALLESTEROS, C. (1991). *Microscopía electrónica*. Ed. Eudema.
- HAWTHORNE, F. C. (Ed.) (1988). *Spectroscopic methods in Mineralogy and Geology*. Reviews in Mineralogy, vol. 18. Ed. Mineralogical Society of America.
- TODOR, D. N. (1976) *Thermal analysis of minerals*. Ed. Abacus Press.
- ZUSSMAN, J. (Ed.) (1977). *Physical methods in determinative mineralogy*. Ed. Academic Press.

## GEOFÍSICA (126)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción. Conceptos fundamentales*

1. Contenido y alcance de la Geofísica y su relación con las ciencias de la Tierra. Geofísica pura y aplicada.
2. Conocimientos básicos, físicos-matemáticos. Campos geofísicos naturales. Su carácter asimétrico y significado. El problema inverso.

#### *II. Sismología. Conceptos generales*

3. Dislocaciones. Relación esfuerzo-deformación para distintas reologías. Ecuación de onda.
4. Teoría de ondas. Tipos de ondas elásticas. Velocidad de grupo y velocidad de fase.
5. Información específica que aporta cada tipo de onda. Transmisión, reflexión, refracción, dispersión, polarización, difracción e interferencia de ondas, amortiguación.

#### *III. Sismología de refracción*

6. El sismograma típico, lectura, tratamiento y análisis de sismogramas. Sismogramas sintéticos. Análisis de velocidades. Domocronas e interpretación.

#### *IV. Sismología de reflexión*

7. Análisis y distribución de velocidades. Perfiles sísmicos migrados en espacio y tiempo. Reflexiones múltiples. Tomografía sísmica.

#### *V. Terremotos*

8. Sismos. Parámetros fundamentales. Localización de sismos a partir de los tiempos de primeros impulsos. Tablas de Jeffreys-Bullen.
9. Métodos de estudio del mecanismo focal. Riesgo sísmico.

#### *VI. Campo gravitatorio terrestre*

10. El campo gravimétrico terrestre. Análisis del campo gravimétrico. El geoide. La gravimetría y corrientes convectivas en el manto.
11. Corrección de datos gravimétricos. Anomalías gravimétricas y su significado. Distribución de la densidad en el interior de la Tierra. Ecuación de Adams-Williamson.
12. Estado de equilibrio de la Tierra. Isostasia. Gravimetría y sismología relacionadas.

#### *VII. Geomagnetismo*

13. El campo geomagnético, su origen y análisis. Cinturones magnéticos y su significado.
14. Inversión del campo magnético. Imantación remanente de las rocas. Paleomagnetismo y anomalías magnéticas. Interpretaciones alternativas.
15. El campo teluomagnético. Análisis. Relación de Poisson entre el potencial gravimétrico y magnético.

#### *VIII. Geotermia*

16. Flujo térmico. Modalidades de transporte calórico. Geotermas. Concepto de Adiabaticidad. Números adimensionales su significado.
17. Flujo térmico a escala global. Su análisis y calor total perdido por la Tierra. Flujo térmico y profundidad oceánica.
18. Flujo térmico continental. Estructura térmica de la corteza y litosfera. Geotermas.
19. Anomalías geotérmicas locales ligadas a diversos procesos geológicos. Relación entre las anomalías gravimétricas y térmicas: fórmula de Simons.

#### *IX. Aplicaciones*

20. Algunos casos históricos de aplicaciones de la geofísica. Combinación de distintas metodologías.

#### *Prácticas*

1. Levantamiento gravimétrico
2. Cálculo de anomalías gravimétricas (Aire-Libre, Bouguer)
3. Cálculo de errores sistemático y corrección topográfica
4. Gravímetros, práctica instrumental
5. Cálculo de anomalías magnéticas
6. Identificación de fases en sismogramas
7. Posicionamiento de epicentros a partir de observaciones lejanas
8. Cálculo de velocidades de transmisión de ondas sísmicas

## BIBLIOGRAFÍA

- MCQUILLIN, R.; BACON, M. & BARCAY, W. (1979). *An Introduction to Seismic Interpretation*. London. Graham & Trotaman Ltd.
- NETTLETON, L. L. (1976). *Gravity and Magnetism in Oil Prospecting*. New York. McGrawHill
- DOBRIN, M. B. 1976 *Introduction to Geophysical Prospecting*. New York, McGrawHill
- GARLAND, L. D. (1965). *Introduction to Geophysics. Mantle, core and crust*. 2ª Ed. Philadelphia. Sanders.
- GRANT, F. S. & WEST, G. F. (1965). *Interpretation Theory in Applied Geophysics*. New York. McGraw Hill.
- PARASNIS, D. S. (1962). *Principales os Applied Geophysics*. London. Methuen. Elsevier.
- PARASNIS, D. S. (1966). *Mining Geophysics*. Amsterdam. Elsevier.
- PARKISON, W. D. 1983. *Introduction to Geomagnetic*. Edinbourg. Academic Press.
- RUCORN, S. K. (1956). *The Magnetism of the Earths body Handbuch der physik*. Berlin. Springer-Verlag.
- SCHLUMBERG, S. K. (1956). *The magnetism of the Earths body Handbuch der physik*. Berlin. Springer-Verlag.
- SCHLUMBERG, Ltd (1972). *Log Interpretation principales*. New York. Schlumberger.
- TELFORD, W. M. & GELDART, L. P. (1976). *Applied Geophysics*. Cambridge.

## GEOLOGÍA AMBIENTAL (134)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **3** (1 Teórico + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Introducción. Las ciencias ambientales y la geología ambiental. Conceptos generales. El medio físico en la planificación. La crisis ambiental y el desarrollo de las ciencias ambientales.
2. Recursos. Recursos naturales y geológicos. Economía ambiental. Modelos de desarrollo. Desarrollo sostenible.
3. Riesgos. Peligros y riesgos naturales y geológicos. El estudio y la evaluación de los riesgos. Adaptaciones sociales a los riesgos. Mapa de riesgo: tipos, contenido y utilidad. Análisis cuantitativo de la capacidad del territorio.
4. Impactos. Conceptos generales. Normativa sobre el Impacto. Metodología y Contenido del análisis y evaluación del Impacto ambiental. Recursos geológicos e impacto: prospección, explotación y abandono. Restauración y recuperación ambiental.
5. Legislación ambiental. Legislación nacional, regional y local. Normativa europea.
6. Grandes problemas ambientales de la actualidad. Residuos sólidos. Contaminación de aguas. Cambio climático.

### *Prácticas*

1. Mapas de Riesgos Geológicos: avenidas, erosión y gravedad.
2. Evaluación de Impacto Ambiental
3. Inventarios de Medio Físico
4. Mapas de Orientación de Usos

## BIBLIOGRAFÍA

- AYALA, F. y JORDA, J. F. (Coord.) (1988). *Geología Ambiental*. Instituto Tecnológico y Geomínero de España. Madrid. 257 pp.
- COATES, D.R. (1981). *Environmental Geology*. John Wiley & Sons. New York. 701 pp.
- GÓMEZ, D. (Ed.) (1994). *Ordenación del territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*. ITGE-Editorial Agrícola Española. Madrid.
- GUÍA... (1993). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid. 809 pp.
- LEVESON, D (1980). *Geology and the Urban Environment*. Oxford Univ. Press. New York. 386 pp.
- LUNDGREN, L. (1986). *Environmental Geology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. 576 pp.
- MADRID. (Comunidad Autónoma) (1995). *Ley de Medidas de Política Territorial, Suelo y Urbanismo*. Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes. 136 pp.
- MANUAL... (1994). *Manual práctico de Derecho Ambiental*. Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente. Madrid. 255 pp.
- MILLER, G. T. (1994). *Ecología y Medio Ambiente*. Grupo Editorial Iberoamericano. Mexico. 867 pp.
- MONTGOMERY, C. W. (1989). *Environmental Geology*. 2nd Ed. Wm.C. Brown. Dubuque. 476 pp.
- PEDRAZA, J. de. (Ed.) (1981). *Geology y Medio Ambiente*. CEOTMA. Madrid. 463 pp.
- WHITE, I. D. et al. (1987). *Environmental systems: an introductory text*. Allen & Unwin. London. 495 pp.



## GEOLOGÍA DE ESPAÑA (136)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. La Península Ibérica. Características geológicas generales. Su relación con los orógenos Caledoniano y Hercínico. Principales unidades.
2. El Macizo Ibérico. Características. Zonación.
3. Zona Cantábrica. Principales unidades. Desarrollo estratigráfico. Estructura. Interpretación paleogeográfica.
4. Zona Asturoccidental-leonesa. Principales dominios. Desarrollo estratigráfico. Estructura. Metamorfismo. Interpretación paleogeográfica.
5. Zona Centroibérica (I): Dominios alóctonos. Estructura. Metamorfismo.
6. Zona Centroibérica (II): Dominios autóctonos. Sucesión anteordovícica. Sucesión postcámbrica. Estructura. Metamorfismo. Interpretación paleogeográfica.
7. Zona de Ossa-Sierra Morena. Principales unidades. Estratigrafía. Estructura y metamorfismo.
8. Zona Surportuguesa. Principales unidades. Estratigrafía. Estructura y metamorfismo. Interpretación paleogeográfica.
9. Los granitoides hercínicos del Macizo Ibérico. Síntesis y evolución geodinámica del Macizo Ibérico.
10. Relación de la Península Ibérica con el Orógeno Alpino. Las principales unidades alpinas de la Península. Características generales.
11. Los Pirineos (I): Zona axial. Características estratigráficas y estructurales. Metamorfismo.
12. Los Pirineos (II): La zona Prepirenaica. Desarrollo estratigráfico y estructura. Evolución geodinámica.
13. Las Cordilleras Béticas (I): Unidades internas. Desarrollo estratigráfico. Estructura.

14. Las Cordilleras Béticas (II): Las Unidades externas. Subbético y Prebético. Estratigrafía. Estructura. Las Islas Baleares.
15. La Cordillera Ibérica. El zócalo hercínico. La cobertera mesozoica y terciaria. Estructura.
16. La Cordillera Costero Catalana. Estratigrafía y Estructura.
17. Las Cuencas terciarias. Características generales.
18. La Cuenca del Ebro. Características. La Cuenca del Guadalquivir. Características.
19. La Cuenca del Tajo. Características. La Cuenca del Duero. Características.
20. Síntesis y evolución de la Península Ibérica durante el ciclo alpino.

### Prácticas

Trabajo individual sobre mapas y cortes geológicos a diferentes escalas de los distintos dominios geológicos fundamentales de España.

1. Macizo Ibérico I: Zona Cantábrica.
2. Macizo Ibérico II: Zona Asturoccidental-leonesa.
3. Macizo Ibérico III: Zona Centroibérica.
4. Macizo Ibérico IV: Zona de Ossa-Sierra Morena.
5. Macizo Ibérico V: Zona Surportuguesa.
6. Pirineos I: Pirineos centro-orientales (Zona Surpirenaica).
7. Pirineos II: Pirineos centro-orientales (Zona Norpirenaica).
8. Pirineos III: Pirineos occidentales (Zona Vasco cantábrica).
9. Cordilleras Béticas: Zonas Externas.
10. Cordilleras Béticas: Zonas Internas.
11. Cordillera Ibérica.
12. Cordillera Costero Catalana.
13. Las Cuencas terciarias I: Ebro y Guadalquivir.
14. Las Cuencas terciarias II: Tajo y Duero.

### BIBLIOGRAFÍA

- COMBA, J. A. *et. al.* (1983). *Libro Jubilar J.M. Ríos*. Instituto Geológico y Minero. Madrid. 2 vols.
- DALLEMEYER, R. D. & MARTÍNEZ, E. (Ed.) (1990). *Pre-Mesozoico Geology of Iberia*. Springer-Verlag. Berlin. 416 pp.
- IGME. (1980). *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Escala 1:1.000.000*. Ministerio de Industria y Energía, Servicio de Publicaciones. Madrid.

## GEOLOGÍA HISTÓRICA (135)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Geología Histórica. Historia. Relaciones con otras ciencias geológicas.
2. Métodos de la Geología Histórica. Estratigrafía. Paleontología. Sedimentología y Paleogeografía.
3. Tiempo geológico. Absoluto y relativo. Métodos isotópicos. Métodos paleomagnéticos. Métodos bioestratigráficos. Sus limitaciones.
4. Unidades cronoestratigráficas. La escala de los tiempos geológicos. Su evolución.

#### *II. Arcaico*

5. Prearcaico. Atmósfera e hidrosfera. Arcaico. Formaciones graníticas, gneísicas y granulíticas. Formaciones de Rocas Verdes. Evolución de la corteza durante el Arcaico. El problema del límite superior.

#### *III. Proterozoico*

6. Proterozoico. Facies proterozoicas. Evolución cortical durante el Proterozoico. El problema del límite superior. Esbozo de la paleoclimatología precámbrica.
7. Escudos precámbricos. Caracteres generales. Escudo Canadiense. Escudo de las Hébridas. Escudo Báltico.

#### *IV. Fanerozoico*

8. Cinturón orogénico caledoniano. Caracteres generales. Paleogeografía.
9. El Caledoniano en las Islas Británicas. Zonación. Principales facies. Evolución tectónica.
10. Cinturón orogénico herciniano. Caracteres generales. Paleogeografía.
11. Segmento europeo herciniano. Plataforma septentrional. Zona Rheno-Hercínica. Zona Saxo-Thuringica. Zona Moldanúbica. Modelos de evolución tectónica de la Cordillera Herciniana.

12. Pangea: Permo-Carbonífero. Caracteres generales. Escisión de Pangea. Cuencas oceánicas, marginales y evaporíticas. Actividad ígnea. Cronología de la escisión.
13. Cinturón orogénico alpino (I). Generalidades sobre el Tethys. Paleogeografía permo-triásica del Tethys occidental.
14. Cinturón orogénico alpino (II). Paleogeografía jurásico-cretácica del Tethys occidental.
15. Cinturón orogénico alpino (III). Paleogeografía durante el Paleógeno y el Neógeno del Tethys occidental.
16. Cinturón orogénico alpino (IV). Relaciones de las facies y faunas del Tethys con América. Distribución faunística. Sinopsis de la evolución alpina: etapas, facies evaporíticas, carbonatadas, ofiolíticas, flysch y molásicas.
17. Cinturón orogénico alpino (V). Los Alpes. Caracteres generales. Modelos de evolución tectónica.
18. El Cuaternario. Caracteres generales. Problemática.

### Prácticas

1. Lectura e interpretación de mapas geológicos regionales. Análisis estratigráfico.
2. Lectura e interpretación de mapas geológicos regionales. Unidades tectónicas.
3. Lectura e interpretación de mapas geológicos regionales. Relación entre rocas endógenas y exógenas.
4. Reconstrucción de la historia geológica de diversas comarcas de la Península Ibérica, con la ayuda de mapas geológicos a escalas 1/25.000 y 1/50.000.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGER, D. V. (1993). *The new catastrophism: the importance of the rare event in Geological History*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 231 pp.
- CRDP Nice et Corse (1988). *Il était una fois la Méditerranée...* Laborat. Géodynam. S.M. Villefranche-sur-mer. pp.
- FOUCAULT, A. et RAOULT, J. F. (1966). *Coupes et cartes géologiques*. Societé d'édition d'Enseignement Supérieur. Paris. 146 pp.
- HALLAM, A. (1985). *Grandes controversias geológicas*. Labor. Barcelona. 180 pp.
- POMEROL, CH. (1973). *Ere Cénozoïque*. Doin. Paris. 269 pp.
- POMEROL, CH. (1975). *Ere Mesozoïque*. Doin. Paris. 384 pp.
- POMEROL, CH. (1977). *Precambrien ere Paleozoïque*. Doin. Paris. 429 pp.
- READ, H. H. & WATSON, J. (1985). *Introduction to geology*. McMillan Education. Houndrills. 2 vols.
- REGUANT, S. (1986). *Geología Histórica*. Ketres. Barcelona. 141 pp.
- SEYFERT, C. K. & SIRKIN, L. A. (1979). *Earth History and Plate Tectonics*. Harper & Row . New York. 600 pp.
- SNELLING, N. J. (Ed.) (1985). *The Chronology of the Geological Record*. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 343 pp.
- WINDLEY, B. F. (1995). *The evolving continents*. 3rd ed. John Wiley & Sons. Chichester. 515 pp.

## GEOQUÍMICA (137)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Abundancia cósmica de los elementos. Fuentes de datos de las abundancias cósmicas de los elementos. Compilaciones generales de abundancia. Origen de los elementos. Reacciones nucleares.
2. Meteoritos. Caracteres generales de los meteoritos y fenómenos que acompañan su caída. Clasificaciones, rasgos estructurales y químicos. Sideritos. Meteoritos silicatados: Condritas y Acondritas. Siderolitos. Condritas carbonáceas. Modelo condrítico de la Tierra.
3. Distribución y comportamiento de los elementos en materiales y procesos geológicos. Historia geoquímica de la Tierra. Composición química de la tierra primitiva. Modelo condrítico de la Tierra. Procesos de desgasificación y diferenciación geoquímica primaria de la Tierra. Carácter geoquímico primario de los elementos.
4. Geoquímica de las distintas geosferas de la Tierra. Núcleo. Hipótesis sobre los caracteres geoquímicos del núcleo. El manto terrestre: modelos pirolíticos del manto. Efectos de las altas P y T sobre los materiales silicatados. Corteza: Geoquímica de la corteza oceánica y de la corteza continental inferior. Composición media de la corteza continental superior.
5. Geoquímica de la Hidrosfera. Origen y evolución de la hidrosfera. Caracteres físicos y químicos de las aguas marinas y continentales. Diagramas salinidad-temperatura. Tiempo de residencia y balance de masas. Elementos añadidos en procesos magmáticos. Intercambios de CO<sub>2</sub>.
6. Geoquímica de la Atmósfera. Origen y evolución de la atmósfera. Atmósfera condensada o segregada. Caracteres físicos y químicos de la atmósfera. Comportamiento del CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y otros gases. Vida media de un componente.
7. Geoquímica isotópica. Isótopos ligeros. Fraccionamiento isotópico. Causas que lo producen. Mecanismos del fraccionamiento. Modo de expresarlo. Algunas aplicaciones a problemas geológicos.

8. Geoquímica isotópica: isótopos radiogénicos. Ley fundamental de la radioactividad y su aplicación a la Geocronología Radiométrica. Método del Rb/Sr, Sm/Nd, U-Th-Pb y K-Ar. Aplicaciones de estos métodos al cálculo de la edad de la Tierra y a la datación de procesos de cristalización y metamorfismo.
9. Algunos elementos importantes desde el punto de vista geológico.
10. Ciclos geoquímicos. Tipos de ciclos geoquímicos: ciclos mayores y menores. Puntos nodales. Ciclos geoquímicos materiales en los ecosistemas.

### Prácticas

1. Resolución de reacciones nucleares. Aplicación a problemas de síntesis de elementos.
2. Secuencias de cristalización en sistemas binarios. Ejemplos en el Sistema Fe-Ni y su aplicación al estudio de sideritos.
3. Secuencias de cristalización en sistemas ternarios. Ejemplos en el sistema Fe-An-Q y su aplicación al estudio de meteoritos acondritas.
4. Cálculo de la velocidad de sedimentación de una partícula sólida en un líquido o de una gota de líquido en otro líquido.
5. Cálculo de coeficientes de reparto de un elemento entre las distintas fases de un sistema.
6. Establecimiento de un modelo de estructura interna de la Tierra en geosferas estratificadas. Aplicación a la subdivisión Corteza-Manto Superior-Manto Inferior.
7. Cálculo de modelos pirolíticos a partir de composiciones químicas teóricas del manto.
8. Cálculo de los modelos de corteza continental inferior como resultado de procesos de fusión parcial de materiales profundos.
9. Secuencias de cristalización en Sistemas ternarios con inmiscibilidad líquida. Aplicación al orden de separación de determinados componentes.
10. Ejemplos de cálculo de edades radiométricas de procesos de cristalización y metamorfismo.
11. Cálculos de la relación isotópica inicial de Estroncio ( $87\text{Sr} / 86\text{Sr}$ )<sub>o</sub> y su aplicación a problemas genéticos en materiales ígneos.

### BIBLIOGRAFÍA

- GILL, R. (1989). *Chemical Fundamentals of Geology*. Unwin Hyman. London. 291 pp.
- HENDERSON, P. (1982). *Inorganic Geochemistry*. Pergamon Press. Oxford. 353 pp.
- KRAUSCOPF, K., (1979). *Introduction to geochemistry*. 2nd ed. MacGraw-Hill. New York. 617 pp.

- MASON, B. & MOOR, C.B. (1982). *Principles of geochemistry*. John Willey & Sons. New York. 344 pp.
- THE OPEN UNIVERSITY, (1972). *Geochemistry*. Units 1 a 3. The Open University Press. Milton Keynes.
- THE OPEN UNIVERSITY, (1972). *Geochemistry*. Units 4 a 6. The Open University Press. Milton Keynes.
- RICHARDSON, S. M. & MCSWEEN, H. Y. Jr. (1989). *Geochemistry: pathways and processes*. Prentice Hall. New Jersey. 488 pp.
- ROLLINSON, H. (1993). *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex, England. 352 pp.
- TUREKIAN, K. K. (1972). *Chemistry of the Earth*. Hott, Rinehart & Winston. New York. 131 pp.
- VIDAL, P., (1994). *Géochimie. (Collection Géosciences)*. Dunod, Paris. 195 pp.

## HIDROGEOLOGÍA (130)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Desarrollo histórico de la Hidrogeología. Método docente. Fuentes de información.
2. El ciclo hidrológico y sus componentes. Movimiento del agua en la hidrosfera. Balance hidráulico. Recursos y Reservas de agua.

#### *II. Teoría del flujo en medios porosos*

3. Los embalses subterráneos. Concepto. Clasificación de las rocas por su capacidad de almacenar y transmitir agua subterránea. Conceptos de porosidad, permeabilidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Concepto, métodos de medida, y órdenes de magnitud. Tipos de acuíferos. Nivel freático y nivel piezométrico.
4. Flujo de agua en medios porosos. Estática y dinámica. La Ley de Darcy. Ámbito de validez de la Ley de Darcy. Homogeneidad, heterogeneidad, isotropía y anisotropía. Generalización de la Ley de Darcy.
5. La ecuación de la continuidad. Régimen permanente y régimen transitorio.
6. Redes de flujo. Definición. Construcción e interpretación de redes de flujo en Medio homogéneo e isótropo. Redes de flujo en medio heterogéneo y anisótropo.
7. Superficies piezométricas. Definición. Obtención. Interpretación cualitativa y cuantitativa. Oscilación de niveles piezométricos y sus causas.

#### *III. Hidráulica de captaciones*

8. Conceptos básicos fundamentales. Tipos de captaciones. Hipótesis de partida para la formulación. Ensayos de bombeo: concepto y preparación.
9. Hidráulica de captaciones en régimen permanente: acuífero confinado, acuífero semiconfinado, acuífero libre.



10. Hidráulica de captaciones en régimen transitorio: acuífero confinado, acuífero semiconfinado y acuífero libre.
11. Principio de superposición de efectos. Ensayos de recuperación. Acuíferos limitados: método de las imágenes. Ensayos de bombeo en casos especiales.

#### *IV. Relaciones aguas superficiales-aguas subterráneas*

12. Relaciones acuífero-río. Manantiales. Acuíferos en regiones costeras.

#### *V. Captación de aguas subterráneas*

13. Tipos de captaciones. Metodología para la construcción de un pozo profundo.

#### *VI. Hidrogeoquímica y contaminación*

14. Componentes químicos de las aguas subterráneas. Parámetros que determinan las características físicas, químicas y fisicoquímicas de las aguas subterráneas.
15. El análisis químico. Representación e interpretación. Calidad natural y calidad para los distintos usos. Norma española de potabilidad.
16. Contaminación. Concepto. Causas. Índices de contaminación. Origen de la contaminación. Reacción de los acuíferos contra la contaminación. Descontaminación de acuíferos.

#### *VII. Exploración de aguas subterráneas*

17. Exploración hidrogeológica regional. Objetivos y metodología. Inventario de datos hidrogeológicos. Redacción de informes hidrogeológicos.
18. Exploración de aguas subterráneas. Tipo de captaciones más adecuadas en cada caso. Calidad química y usos potenciales del agua.

#### *VIII. Introducción a los modelos digitales*

19. Modelos de flujo y de transporte de masa. Tipos de modelos. Proceso de elaboración de un modelo. Utilidad de los modelos. Programas más usuales.

#### *IX. Aspectos económicos, políticos, legales y medioambientales*

20. Hidroeconomía. Legislación. Las aguas subterráneas y el medio ambiente.

### Prácticas

1. Las rocas como embalses subterráneos: Transmisividad, y coeficiente de almacenamiento.
2. Flujo de aguas subterráneas: a) Ley de Darcy. b) Redes de flujo. c) Piezometría.
3. Hidráulica de captaciones: a) Régimen permanente. b) Régimen transitorio. c) Ensayos de recuperación. d) Teoría de las imágenes.
4. Hidrogeoquímica y contaminación. Hidroeconomía: a) Representación e interpretación de resultados de análisis químicos. b) Elaboración e interpretación de planos hidrogeoquímicos. c) Elaboración de planos de vulnerabilidad de acuíferos. d) Cálculo del precio del agua subterránea.

### BIBLIOGRAFÍA

- ANDOLZ, J. (1972). *Coste del agua subterránea para el abastecimiento urbano*. Ministerio de Obras Públicas. Madrid. 94 pp.
- BISWAS, A. K. (1970). *History of hydrology*. North-Holland. Amsterdam. 336 pp.
- BRASSINGTON, R. (1988). *Field Hydrogeology*. Open University Press. Milton Keynes. 175 pp.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. (Eds.) (1983). *Hidrología Subterránea*. 2ª Ed. Omega. Barcelona.
- DOMENICO, P. A. & SCHWARTZ, F. W. (1990). *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Willey & Sons. New York. 824 pp.
- FETTER, C.W. (1994). *Applied Hydrogeology*. 3rd Ed. MacMillan. New York. 691 pp.
- FREEZE, R. A. & CHERRY, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. 604 pp.
- FUENTES BODELON, F. (1988). *Aguas continentales y medio ambiente*. Mapfre. Madrid. 134 pp.
- NIELSEN, D. M. (1991). *Practical Handbook of Groundwater Monitoring*. Lewis Pub. Michigan.
- TODD, D. K. (1980). *Groundwater hydrology*. 2nd Ed. John Wiley & Sons. New York. 535 pp.

## INGENIERÍA GEOLÓGICA (131)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG).**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. La Ingeniería Geológica. Definiciones. Relaciones con la Geología y la Ingeniería. Objetivos y aplicaciones.
2. Comportamiento de los suelos en la Ingeniería. Influencia de la mineralogía y de la fábrica de los suelos en las propiedades geotécnicas.
3. Propiedades físicas de los suelos. Clasificación, identificación y descripción geotécnica de suelos. Historia geológica de sedimentos; compactación, consolidación y diagénesis y su significado en la geotécnica.
4. El concepto de la tensión efectiva y la resistencia al corte de los suelos.
5. La consolidación y el ensayo edométrico. Cálculo de la compresibilidad, hinchamiento y preconsolidación. Redes de flujo.
6. El medio rocoso. Historia geológica y estado tensional de las rocas. Concentración y distribución de tensiones de las rocas.
7. Procesos y factores geológicos de incidencia geomecánica. Composición y clasificaciones geotécnicas de las rocas. Clasificaciones geomecánicas.
8. Reconocimiento e investigaciones geotécnicas in situ del terreno. Significación y metodología. Objetivos y fases de investigación. Sistemática y planificación de las investigaciones in situ.
9. Estudio de macizos rocosos. Obtención de datos y estudio de afloramientos. Tratamiento de discontinuidades. Interpretación. Aplicaciones.
10. Sondeos. Procedimiento de perforación. Excavaciones. Testificación geotécnica de sondeos y descripción de muestras. Orientación de testigos. Muestreo. Perturbaciones en las muestras. Métodos de extracción de muestras. Ensayos en sondeos. Ensayo SPT. Ensayo de molinete. Presiómetros. Ensayos de permeabilidad.

11. Presentación de datos geotécnicos. Mapas geotécnicos. Determinaciones de tensiones *in situ* y tensiones inducidas. Medición de deformaciones. Medición de presiones intersticiales.
12. Cimentaciones. Conceptos básicos. Tipos de cimentaciones. Capacidad portante y asentos. Evaluación de cimentaciones en suelos.
13. Terraplenes, pedraplenes. Materiales de construcción. Áridos. Utilización y clasificación de materiales.
14. Estabilidad de taludes en suelos. Clasificación de masas inestables. Equilibrio límite y métodos de análisis de estabilidad de taludes.
15. Investigaciones de deslizamientos. Corrección y estabilización de laderas. Taludes en zonas sísmicas.
16. Estabilidad de taludes en rocas. Problemas básicos. Tipos de rotura en taludes rocosos. Análisis de estabilidad de taludes.
17. Tipos de presas y elementos básicos de las mismas. Estanquedad de embalses. Selección de emplazamientos para cerradas.
18. Cimentaciones de presas. Influencia de las condiciones geológicas. Investigaciones geológicas y geotécnicas. Tratamiento geotécnicos de cerradas. Presas en zonas sísmicas. Sísmicidad inducida por embalses.
19. Túneles en rocas. Factores geológicos influyentes en la estabilidad de excavaciones. Clasificación de macizo rocoso. Investigaciones geológicas y geotécnicas. Sistema de sostenimiento. Métodos de excavación.

### Prácticas

1. Laboratorio de mecánica de suelos.
2. Cálculo de los parámetros de resistencia al corte y compresión simple en suelos.
3. Problemas del ensayo edométrico.
4. Problemas de mecánica de suelo. Cálculo de tensiones totales, presiones intersticiales y tensiones efectivas del terreno y redes de flujo.
5. Problemas de mecánica de rocas aplicadas a la ingeniería geológica. Criterio de rotura, resistencia y módulos de deformación.
6. Sistema de descripción de macizos rocosos en afloramientos.
7. Descripción de macizo rocoso. Estaciones geomecánicas.
8. Ejercicios práctico de investigaciones *in situ*. Programa de investigación.
9. Ejercicios prácticos de Cimentaciones.
10. Ejercicios prácticos de estabilidad de Taludes en suelos.
11. Ejercicio práctico sobre presas. Selección de cerradas.
12. Ejercicio práctico de clasificación geomecánica de rocas.
13. Ejercicio práctico de túneles en rocas.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARTON, N. & CHOUBEY, V. (1977). *The Shear Strength of Rock Joints in Theory & Practice*. *Rock Mechanics*. 10, pp. 1-54.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Clasifications*. Wiley Interscience.
- GILLOTT, E. J. (1977). *Clay in engineering Geology* Elsevier Published Co.
- HOEK & BRAY, (1981). *Rock Slope Engineering Institution & Mining and Metallurgy*.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. (1989). *Cursos de Ingeniería Geológica*. Universidad Complutense.
- ISRM (1989). *Suggested Methods for Rock Characterization Testing and Monitoring*. E.T. Brown. Pergamon.
- JIMÉNEZ SALA, *et.al.* (1975). *Geotécnica y Cimientos*. 2 tomos.

## PROSPECCIÓN GEOFÍSICA I (132)

Tipo de asignatura: **Troncal**

**Créditos: 3** (1 Teórico + 2 Prácticos)

**Departamento responsable: Geodinámica**

**Curso: Cuarto**

**Cuatrimestre: Segundo**

### CONTENIDOS

1. Introducción. Definición. Historia. Clasificación de métodos. Aplicaciones.
2. Método gravimétrico. Conceptos básicos. Gravímetros. Toma de datos. Correcciones. Interpretación.
3. Método magnético. Conceptos básicos. Campo magnético terrestre. Magnetómetros. Toma de datos. Correcciones. Interpretación.
4. Métodos radiométricos. Radiación natural. Investigaciones radiométricas. Aplicaciones.
5. Resistividad. Instrumentación. Representación e interpretación.
6. Convencionales. Principios básicos. Sistemas de onda continua. Otros sistemas.
7. Métodos sísmicos. Consideraciones generales. Ondas sísmicas. Fuentes de energía. Detección de ondas sísmicas
8. Sísmica de reflexión. Bases teóricas. Investigaciones por reflexión. Interpretación.
9. Sísmica de refracción. Bases teóricas. Interpretación.
10. Planificación. Aplicaciones.

### Prácticas

### BIBLIOGRAFÍA

- BÄTH, M. (1973). *Introduction to seismology*. Birkhäuser Verlag, Basel. 395 pp.
- DOBRIN, M. B. (1960). *Introduction to geophysical prospecting*. McGraw-Hill. New York. 446 pp.
- GRANT, F. S. & WEST, G. F. (1965). *Interpretation theory in applied geophysics*. McGraw-Hill. New York. 584 pp.
- NETTLETON, L. L. (1976). *Gravity and magnetics in oil prospecting*. McGraw-Hill. New York.
- PARASNIS, D. S. (1972). *Principles of Applied Geophysics*. 2nd ed. Chapman Hall. London. 214 pp.
- PARKINSON, W. D. (1983). *Introduction to Geomagnetism*. Scottish Academic Press. Edimburg. 433 pp.
- SCHLUMBERG... (1972). *Schlumberg log interpretation principles*. Schlumberger Educations Services. Houston.

## PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA Y GEOQUÍMICA AMBIENTAL (133)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (4 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Cartografía geoquímica. Tipos de mapas. Técnicas de selección de clase. Mapas de símbolos puntuales. Mapas de contornos. Vistas tridimensionales. Filtrado de mapas y análisis espectral. Mapas de correlaciones cruzadas. Mapas multielementales.
2. Factores en la composición de las aguas naturales. Equilibrio termodinámico y constante de equilibrio. Variación con la temperatura. Medida de desequilibrio. Interacción entre solutos iónicos: efecto del ión común.
3. Relaciones concentración-actividad. Soluciones no ideales. Teoría de Debye-Hückel. Complejos.
4. El sistema carbonatos y el control del pH. Balance de cargas. Solubilidad de la calcita. Agua subterránea y de superficie en terrenos carbonáticos.
5. Litogeoquímica. Diagramas de estabilidad mineral. Soluciones congruentes: solubilidad de la sílice  $\text{SiO}_2$ , solubilidad de los silicatos de magnesio, solubilidad de la gibsita  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Soluciones incongruentes. Incertidumbres en los diagramas de estabilidad mineral.
6. Equilibrio redox. Convenios electroquímicos. Ecuación de Nernst. Eh y pE. Diagramas pE-pH. Sistema Fe-O- $\text{H}_2\text{O}$ . Sistema Fe-O- $\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CO}_2$ .
7. Transferencia de masa. Estudio de un caso práctico de meteorización de silicatos.
8. Prospección de suelos. Proceso de sorción. Complejo de superficie. Teoría de la doble capa. Membrana de filtración y retardo de los cationes.
9. Cuantificación de la adsorción. Modelos de absorción semiempíricos. Isoterma de adsorción lineal. Isoterma de Lagmuir. Isoterma de van Bemmelen-Freundlich. Adsorción de compuestos orgánicos.
10. Intercambio iónico. Intercambio homovalente. Intercambio entre ión divalente y monovalente.
11. Relación suelo vegetación. Materia orgánica y  $\text{CO}_2$ : materia orgánica del suelo. Composición de los restos vegetales. Humus. Características de las sustancias húmicas. Interacción entre componentes orgánicos e inorgánicos: complejos organominerales.

12. Gases. Transporte. Difusión. Soluciones de la ecuación. Métodos numéricos aplicados a la difusión: método de diferencias finitas.
13. Modelización geoquímica. Interacción agua-roca. Tipos de modelos. Parámetros y conceptos previos. Modelos de especiación solubilidad. Modelos de pautas de reacción: inversos y directos (cuasidinámicos). Modelos dinámicos.

### Prácticas

1. Determinación de fondo, umbral y anomalía. Separación de poblaciones mediante papel probabilístico.
2. Construcción de mapas geoquímicos generales.
3. Mapas geoquímicos de anomalías.
4. Cartografía mediante ordenador. Prácticas con el programa SURFER.
5. Aplicación del análisis de la varianza al diseño de una red de muestreo.
6. Práctica en ordenador con el código de especiación geoquímica WATEQF y el de balance de masa NENTPATH.
7. Aplicación de regresiones simples, polinómicas y múltiples a problemas geoquímicos.
8. Manejo del programa STATGRAF. Construcción de ficheros de datos geoquímicos. Análisis exploratorio de datos. Series temporales.
9. Aplicación de la estadística multivariante a la resolución de problemas geoquímicos: Análisis de Componentes Principales y Análisis Factorial.
10. Manejo del programa STATGRAF. Práctica de geoquímica multivariante. Cartografía de factores propios.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALBAREDE, F. (1995). *Introduction to Geochemical Modeling*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 543 pp.
- APPELO, C. A. J. & POSTMA, D. (1996). *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A. Balkema. Rotterdam. 536 pp.
- DAVIS, J. C. (1986). *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley & Sons. New York. 646 pp.
- DREVER, J. I. (1988). *The Geochemistry of Natural Waters*. Prentice Hall inc. Englewood Cliffs. New Jersey, .
- HEMOND, H. F. (1994). *Chemical Fate and Transport in Environment*. Academic Press. New York. 338 pp.
- MANAHAN, S. E. (1994). *Environmental Chemistry*. Lewis Publishers. Boca Raton.
- NORDSTROM, D. K. & MUÑOZ, J. L. (1986). *Geochemical Thermodynamics*. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. & ROQUERO, C. (1994). *Edafología, para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. MP. Madrid.
- RICHARDSON, S. M. & MCSWEEN, H. Y. (1989). *Geochemistry, Pathways and Processes*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.
- SPOSITO, G. (1989). *The Geochemistry of Soils*. Oxford University Press. Oxford.



## RECURSOS ENERGÉTICOS: GEOLOGÍA DEL CARBÓN (129)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Naturaleza del carbón: conceptos básicos. Origen del carbón.

#### *II. Petrología y petrografía del carbón*

2. Macerales: agrupaciones y orígenes.
3. Litotipos y microlitotipos de carbones húmicos y sapropélicos.
4. Fiterales; tipos. Contenido en cenizas. Minerales del carbón; su importancia.
5. Clasificaciones de los carbones. Clasificaciones químicas, clasificación según rangos, clasificaciones según macerales, clasificaciones petrológicas. Clasificación integrada.

#### *III. Sedimentología del carbón*

6. Condiciones para el desarrollo del carbón. Cuencas límnicas y cuencas parálidas. Carbones deltaicos. Turbas marinas.
7. Carbones alóctonos y autóctonos. Pantanos flotantes, yacentes y elevados. Relación del carbón con sedimentos clásticos y carbonatados.
8. Secuencias deposicionales con carbón. Ciclotemas. Modelos de origen de los mismos.

#### *IV. Técnicas de estudio y explotación del carbón*

9. Objetivos y procedimientos. Cartografía, estratigrafía y geofísica en áreas carboníferas.
10. Análisis de la calidad de los carbones, química, petrografía y palinología de los carbones. Determinación de áreas de explotación.

11. Técnicas de explotación del carbón. Explotación en galerías y a cielo abierto.
12. Enriquecimiento y procesado del carbón.
13. Usos del carbón. Implicaciones medioambientales.
14. Recursos de Carbón en España y en el mundo.

### Prácticas

1. Introducción al estudio de los macerales con microscopio de luz reflejada.
2. Identificación y caracterización de grandes grupos de macerales.
3. Identificación y caracterización de macerales del grupo de la Vitrinita.
4. Identificación y caracterización de macerales del grupo de la Exinita.
5. Identificación y caracterización de macerales del grupo de la Inertinita.
6. Análisis global de los macerales.
7. Identificación y caracterización de fiterales.

### BIBLIOGRAFÍA

- BERKOWITZ, N. (1979). *An introduction to coal technology*. Academic Press. New York. 345 pp.
- BUSTIN, R. M.; CAMERON, A. R.; GRIEVE, D. A. & KALKREUTH, W. D. (1985). *Coal petrology: its principles, methods and applications*. Short Course Notes Geol. Assoc. Can., 3, 273 pp.
- DIESESL, F. K. (1993). *Coal-bearing depositional systems*. Springer-Verlag. Berlin. 721 pp.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO (1984). Programa nacional de exploración de lignitos. Ministerio de Industria y Energía. 37 pp.
- COMITÉ INTERNACIONAL DE PETROGRAPHIE DES CHARBONS. COMMISSION DE NOMENCLATURE (1963). *Léxique International de Pétrographie des charbons*. Centre National de la Recherche Scientifique.
- MCCABE, P.J. (1984). *Depositional environments of coal and coal-bearing strata*. (s.l.). 13-42 pp.
- STACH, E.; MACKOWSKY, M. TH.; TEICHMÜLLER, M.; TAYLOR, G. H.; CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R. (1982). *Stach's Textbook of coal petrology*. Gebrüder Bornträger, Berlin. 535 pp.
- TRAVERSE, A. (1994). *Sedimentation of organic particles*. Cambridge University Press. Cambridge. 544 pp.

## RECURSOS ENERGÉTICOS: GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO (128)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Introducción. Relación de la Geología del Petróleo con otras ciencias. Petroleum play. Análisis de riegos. Conceptos y vocabulario básico en geología del petróleo.
2. Origen biológico del petróleo: roca madre. El ciclo del carbono. La producción orgánica. Composición química de la materia orgánica viva. Los mace-  
rales. Cambios en la composición de la biomasa en el tiempo geológico. Pre-  
dicción de rocas madre. Anoxia. Factores que afectan a la sedimentación de  
las rocas madre. Principales ambientes de sedimentación de las rocas madre.
3. Reconocimiento de las rocas madre y propiedades físicas del petróleo. Prin-  
cipales determinaciones geoquímicas. Carbono orgánico total. Cantidad de  
extracto soluble. Ensayos de pirólisis. Cromatografía de gases. Descripción  
visual del kerógeno. Medida de la reflectividad de la vitrinita. Propiedades  
físicas y químicas del petróleo. Compuestos del petróleo. Significado prácti-  
co del número de carbonos. Clasificación del petróleo. Gravedad API. Visco-  
sidad.
4. Transformación de la materia orgánica en petróleo. El Kerógeno como pre-  
cursor del petróleo. Tipos de kerógeno. Cambios químicos del kerógeno  
durante la maduración. Modelos cinéticos de rotura del kerógeno. Cracking  
primario y secundario. Potencial genético del petróleo.
5. Migración del petróleo. Migración primaria. Mecanismos de la migración pri-  
maria. Eficacia de la expulsión. Migración secundaria. Fuerzas conductoras  
principales. Fuerzas restrictivas. Peso de la columna de petróleo y potencial  
del sello. Camino de drenaje de la migración. Pérdidas en la migración secun-  
daria.
6. Almacenes. Propiedades petrofísicas. Porosidad y permeabilidad. Medida de  
la porosidad y la permeabilidad. Tipos de rocas almacén. Almacenes en car-  
bonatos. Almacenes en areniscas. Heterogeneidad del almacén. Almacenes y  
tipos de cuencas. Alteración del petróleo en los almacenes.

7. Rocas cobertera. El sello. Mecanismos del sello. Efecto de la hidrodinámica y la sobrepresión. Perdidas por difusión. Factores que afectan a la efectividad del sello. Litología, plasticidad, espesor, continuidad lateral y profundidad del sello. Ambientes de sedimentación de las rocas coberteras.
8. Trampas. Trampas estructurales. Trampas en pliegues compresionales y cabalgamientos. Trampas en estructuras en extensión. Trampas en estructuras gravitacionales. Trampas en estructuras debidas a compactación. Trampas en diapiros. Trampas estratigráficas. Pinch out /cambio de facies. Trampas sedimentarias. Trampas en discordancias. Trampas diagenéticas. Trampas hidrodinámicas. Cuantificación de los diversos tipos de trampas a escala global. Tiempo de formación de la trampa.

### Prácticas

1. Evaluación económica y de riesgos en la explotación de hidrocarburos.
2. Interpretación de diagráfias y su aplicación en Geología del Petróleo.
3. Interpretación de diagráfias y su aplicación en Geología del Petróleo.
4. Cuantificación de la saturación en hidrocarburos y reservas recuperables en un sondeo.
5. Caracterización del potencial generador de una serie.
6. Cálculo del volumen de hidrocarburos en un almacén.
7. Cálculo de reservas de hidrocarburos recuperables.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, P.A. & ALLEN, J. R. (1993). *Basin analysis: principles and applications*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 451 pp.
- HUTCHINSON, C. S. (1985). *Economic deposits and their tectonic setting*. Macmillan. Houndmills. 276-316 pp.
- LINK, P. K. (1987). *Basic petroleum geology*. 2nd ed. OGCI Publications. Tulsa. 425 pp.
- NORTH, F. K. (1985). *Petroleum geology*. Allen & Unwin. Boston. 607 pp.
- TISSOT, B. P. & WELTE, D. H. (1978). *Petroleum formation and occurrence: a new approach to oil and gas exploration*. Springer-Verlag. Berlin. 538 pp.

## RECURSOS MINERALES (127)

*Tipo de asignatura:* **Troncal**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción al estudio de los yacimientos minerales: movilización y transporte de elementos en el medio endógeno y exógeno. Interacción fluido-roca encajante. Texturas y estructuras de la mineralización. Paragénesis. Secuencia paragenética. Zonalidad. Provincias y épocas metalogénicas. Recursos y reservas .
2. Yacimientos relacionados con rocas ígneas básicas y ultrabásicas: mineralizaciones de Cr-EGP. Sulfuros de Cu-Ni-Fe-(EGP). Yacimientos asociados a carbonatitas y kimberlitas.
3. Yacimientos relacionados con rocas plutónicas intermedias y ácidas: yacimientos de Sn-W. Pegmatitas. Yacimientos de tipo skarn. Yacimientos hidrotermales filonianos. Yacimientos de tipo pórfido.
4. Yacimientos relacionados con fenómenos volcánicos y subvolcánicos: yacimientos epitermales de metales preciosos.
5. Yacimientos exhalativos: yacimientos de sulfuros masivos. Yacimientos exhalativos sedimentarios tipo Broken y Rammelsberg. Los yacimientos tipo Mississippi Valley. Otros yacimientos: Almadén.
6. Yacimientos relacionados con procesos exógenos: yacimientos sedimentarios de hierro y manganeso. Yacimientos de Cu-(Ag-Zn-Pb-Co) asociados a pelitas negras. Yacimientos de fosfatos. Yacimientos de evaporitas. Yacimientos de concentración mecánica. Yacimientos residuales. Yacimientos de oxidación y enriquecimiento supergénico.
7. Valoración de los recursos minerales: viabilidad económica de un yacimiento. Métodos de explotación: minería subterránea y minería a cielo abierto.

### Prácticas

1. Reconocimiento de texturas y establecimiento de secuencias paragenéticas.
2. Estudio mediante luz reflejada y transmitida de las paragénesis metálicas y silicatadas relacionadas con procesos intramagmáticos, pegmatíticos, hidrotermales, exhalativos y sedimentarios.
3. Análisis de mapas metalogénicos: a) SO de la península: Faja Pirítica. b) SE de la península: Almería-Cartagena. c) NO de la península: Rocas ultrabásicas y bandas miloníticas

### BIBLIOGRAFÍA

- BARNES, H. L. (Ed.) (1979). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. 2nd. Ed. John Wiley & Sons. New York. 798 pp.
- EDWARDS, R. & ATKINSON, K. (1986). *Ore deposits geology and its influence on mineral exploration*. Chapman & Hall. London. 466 pp.
- EVANS, A. M. (1995). *Ore geology and industrial minerals: an introduction*. Blackwell Science. Oxford. 389 pp.
- GARCÍA GUINEA J. y MARTÍNEZ-FRÍAS, J. (eds.) (1992). *Recursos Minerales de España*. Consejo Superior Investigaciones Científicas. Madrid. 1448 pp.
- GUILBERT, J. H. & PARK, CH. F. JR. (1986). *The geology of ore deposits*. Freeman. New York. 985 pp.
- HUTCHINSON, C. S. (1985). *Economic deposits and their tectonic setting*. MacMillan. Houndmills. 365 pp.
- KIRKHAM, R. V., SINCLAIR, W. D., THORPE, R. I & DUKE, J. M. (Eds.) (1995). *Mineral deposits modeling*. Geological Association of Canada. Special paper, 40: 700 pp.
- LUNAR, R. y OYARZUN, R. (1991). *Yacimientos minerales: técnicas de estudios, tipos, evolución metalogénica, exploración*. Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid. 938 pp.
- MAYNARD, B. J. (1983). *Geochemistry of sedimentary ore deposits*. Springer Verlag. New York. 305 pp.
- RAMDOHR, P. (1980). *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press. Oxford. 2 vols.
- SAWKINS, F. J. (1980). *Metal deposits in relation to plate tectonics*. Springer Verlag. Berlin. 460 pp.

## AMPLIACIÓN DE MINERALOGÍA. COMPORTAMIENTO MINERAL (139)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Energía y estabilidad mineral: termodinámica básica: energía interna, entalpía, entropía. Desorden. Tipos de entropía: configuracional, electrónica, vibracional. Energía libre y equilibrio. Procesos reversibles e irreversibles. Metaestabilidad.
2. Determinación de parámetros termodinámicos: medidas experimentales y estudios de equilibrio de fases.
3. Polimorfismo y transformaciones polimórficas: aspectos termodinámicos y estructurales del polimorfismo. Clasificación estructural y clasificación termodinámica de las transformaciones polimórficas. Parámetro de orden de Landau. Microestructuras de transformación. Ejemplos.
4. Isomorfismo y soluciones sólidas: condiciones cristalocómicas del isomorfismo. Tipos de soluciones sólidas (sustitucionales, omisionales e intersticiales). Termodinámica de las soluciones sólidas: ideales, regulares. Diagrama de solvus. Exoluciones. Descomposición espinodal. Procesos orden-desorden: orden de corto y largo rango. Texturas. Ejemplos.
5. Cinética de los procesos en minerales: energía de activación. Ecuaciones de velocidad. Determinación experimental de la energía de activación. Diagramas Tiempo-Temperatura-Transformación (TTT). Ejemplos.
6. Aplicaciones petrológicas: microestructuras minerales como indicadores petrogenéticos.
7. Ontogenia mineral: equilibrio y sobresaturación. Teoría de la nucleación. Nucleación a altas sobresaturaciones. Crecimiento cristalino: rugosidad térmica y rugosidad cinética de superficies cristalinas. Mecanismos de crecimiento. Fenómenos de envejecimiento de Ostwald.
8. Equilibrio solución acuosa-mineral: características de las soluciones acuosas. Equilibrio solución sólida-solución acuosa. Procesos en las interfases agua-mineral. Fenómenos de autoorganización.

*Prácticas*

- 1 y 2. Cálculo de entalpías y entropías de minerales.
3. Diagramas de equilibrio de fases.
4. Uso de bases de datos termodinámicos para resolver problemas termodinámicos.
- 5 a 8. Resolución de problemas de soluciones sólidas.
- 9 y 10. Proyección de estructuras mediante el programa ATOMS.
- 11 y 12. Cinética de procesos en minerales. Deshidratación del yeso.

## BIBLIOGRAFÍA

- CARMICHAEL, I. S. E. & EUGSTER, H. P. (Eds.) (1987). *Thermodynamic modeling of geological materials: minerals, fluids and melts*. Mineralogical Society of America. Washington. 499 pp.
- CHATTERJEE, N.D. (1991). *Applied Mineralogical thermodynamics*. Springer-Verlag. Berlin. 321 pp.
- HOCHELLA, M. F. & WHITE, A. F. (Eds.) (1990). *Mineral-water interface geochemistry*. Mineralogical Society of America. Washington. 603 pp.
- KIEFER, S. W. & NAVROTSKY, A. (Ed.) (1985). *Microscopic to macroscopic: atomic environments to mineral thermodynamics*. Mineralogical Society of America. Chelsea. Michigan. 428 pp.
- LASAGA, A. C. & KIRPATRICK, R. J. (Eds.) (1983). *Kinetics of geochemical processes*. Mineralogical Society of America. Washington. 398 pp.
- PUTNIS, A. (1992). *Introduction to Mineral Science*. Cambridge University Press. Cambridge. 457 pp.
- PUTNIS, A. & MCCONNELL, J. D. C. (1980). *Principles of Mineral Behaviour*. Blackwell Scientific. Oxford. 258 pp.
- SALJE, E. K. H. (Ed.) (1988). *Physical properties and thermodynamics behaviour of minerals*. Reidel. Dordrecht. 707 pp.



## CRITERIOS DE RECONSTRUCCIÓN PALEOGEOGRÁFICA (140)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de las Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **3** (1,5 Teóricos + 1,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Paleogeografía, evolución paleogeográfica y arquitectura estratigráfica. Correlaciones Estratigráficas. Eventos y ciclos en el registro sedimentario. Sedimentación normal y catastrófica
2. Ciclos y sucesiones cíclicas. Secuencias elementales y ritmos. Origen de las secuencias elementales. Utilidad de las secuencias elementales en la correlación de alta resolución. Tendencias en sucesiones cíclicas. Sets de secuencias. Utilidad de los sets de secuencias en correlaciones de alta resolución. Tendencias en sucesiones no cíclicas.
3. Discontinuidades estratigráficas y correlación aloestratigráfica. Utilidad de las discontinuidades en correlaciones de alta resolución. "Sedimentología" de discontinuidades. Elaboración de diagramas cronoestratigráficos (Diagramas de Wheeler). Evaluación de discontinuidades sobre diagramas cronoestratigráficos.
4. Estratigrafía secuencial: conceptos fundamentales. ¿Qué es la Estratigrafía Secuencial? Desarrollo histórico. Conceptos básicos: eustasia y cambios eustáticos, subsidencia, nivel de base y nivel del mar, acomodación y nivel del mar relativo, acumulación de sedimentos. Arquitectura deposicional en función de la acomodación y la acumulación.
5. Estratigrafía secuencial: cortejos sedimentarios y secuencias deposicionales. Unidades en el Análisis Secuencial. Desarrollo de una secuencia deposicional (modelo general). Cortejo sedimentario de bajo nivel. Cortejo sedimentario transgresivo. Cortejo sedimentario de alto nivel. Límites de una secuencia deposicional y de los cortejos sedimentarios. Limitaciones del modelo.
6. Estratigrafía secuencial en plataformas carbonatadas. Producción y acumulación de carbonato. Relación con la acomodación. Geometría de plataformas carbonatadas en función de la acomodación y la acumulación. Desarrollo de una secuencia deposicional en una plataforma rimmed. Desarrollo de una secuencia deposicional en una rampa. Comparación con el modelo siliciclástico.

7. Estratigrafía secuencial en sistemas continentales. El concepto de acomodación en sistemas fluviales: cambios en el perfil de equilibrio. Factores que influyen en la acomodación en sistemas fluviales. Secuencia deposicional y cortejos sedimentarios en sistemas continentales con conexión marina. Estratigrafía secuencial en sistemas sin conexión con el mar.
8. Eventos en el registro sedimentario. Tipos de eventos y su utilidad en la Estratigrafía de alta resolución. Eventos físicos y químicos: Cambios en la polaridad magnética, impacto de meteoritos, episodios volcánicos, eventos meteorológicos excepcionales, terremotos, eventos anóxicos en los océanos (oae), otros eventos oceánicos. Eventos biológicos o bioeventos: eventos de evolución y extinción, eventos ecoestratigráficos. Eventos compuestos: Estratigrafía de eventos integrada. Método de Correlación Gráfica de Shaw.

### Prácticas

1. Análisis de los sistemas sedimentarios a partir de columnas estratigráficas.
2. Análisis de ciclicidad sobre series sedimentarias. Secuencias elementales. Sets de secuencias elementales. Tendencias y Polaridades. Discontinuidades y conformidades correlativas.
3. Correlación aloestratigráfica y cronoestratigráfica. Realización de cortes estratigráficos.
4. Interpretación estratigráfico-secuencial a partir de cortes estratigráficos. Cortejos sedimentarios. Secuencias deposicionales.

### BIBLIOGRAFÍA

- EINSELE, G. (1992). *Sedimentary basins. Evolution, facies and sedimentary budget*. Springer Verlag. Berlín. 628 p.
- EINSELE, G.; RICKEN, W. & SEILACHER, A. (Eds.) (1991). *Cycles and Events in Stratigraphy*. Springer. Berlín. 955 p.
- EMERY, D. & MYERS, K. J. (1996). *Sequence Stratigraphy*. Blackwell Science. Oxford. 297 p.
- HAILWODE, E. A. & KIDD, R.B. (Eds.) (1993). *High Resolution Stratigraphy*. Geol. Soc. London Spec. Publ., 70, 357 p.
- MIALL, A. D. (1990). *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. 2nd edition, Springer Verlag. Berlín. 644 p.
- MIALL, A. D. (1997). *The Geology of Stratigraphic Sequences*. Springer Verlag. Berlín. 433 p.
- READING, H. G. (1996). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3rd ed., Blackwell Science. 688 p.
- VERA, J. A. (1994). *Estratigrafía, Principios y Métodos*. Ed. Rueda. Madrid. 806 p.
- WALKER, R. G. & JAMES N. P. (1992). *Facies models: Response to sea level changes*. Geol. Assoc. Canada. 409 p.
- WILGUS, C. K.; HASTINGS, B. S.; KENDALL, G.C.S.C.; POSAMENTIER, H.; ROSS, C. A. & VAN WAGONER, J. C. (Eds.) (1988). *Sea-level changes: An integrated approach*. SEPM Spec. Publ., 42, 109-104.

## GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DE CUENCAS SEDIMENTARIAS (141)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de las Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **3** (1,5 Teóricos + 1,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Metodología del análisis de cuencas.
2. Etapas de la génesis y evolución de una cuenca sedimentaria.
3. El estudio de los sedimentos como criterio para la determinación de la génesis y evolución de las cuencas.
4. El espacio de acomodación: tectónica, eustatismo.
5. La génesis de cuencas sedimentarias y su relación con el modelo de tectónica global.
6. Cuencas sedimentarias en régimen distensivo. Factores de control.
7. Cuencas sedimentarias de intraplaca.
8. Cuencas sedimentarias en la etapa de Rifting.
9. Cuencas sedimentarias en márgenes pasivos.
10. Cuencas sedimentarias en régimen compresivo. Factores de control.
11. Cuencas sedimentarias en el complejo arco-surco.
12. Cuencas sedimentarias generadas por fracturación de desgarre.
13. Cuencas sedimentarias de la etapa de colisión final.

### *Prácticas*

Análisis de la evolución de una cuenca sedimentaria con datos reales, sobre un modelo preestablecido.

1. Correlaciones de columnas estratigráficas de campo y sondeos de la cuenca.
2. Mapas de facies y de isopacas.
3. Mapas paleogeográficos.
4. Evolución de la cuenca.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, P. A. & ALLEN, J. R. (1993). *Basin analysis: principles and applications*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 451 pp.
- BEAUMONT, C. & TANKARD, A. J. (Eds.) (1991). *Sedimentary basins and basin-forming mechanisms*. Atlantic Geoscience Society. Halifax, Nova Scotia. 527 pp. EINSELE, G. (1992). *Sedimentary basins: evolution, facies and sediment budget*. Springer-Verlag. Berlin. 628 pp.
- MIALLI, A. D. (1985). *Principles of sedimentary Basin Analysis*. Springer Verlag. New York. 490 pp.

## GEOLOGÍA MARINA (142)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de las Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* 5 (3 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Situación de las áreas marinas en el contexto geodinámico de la superficie de la Tierra*

1. Origen y evolución de los océanos.
2. Significado de las áreas oceánicas en el conocimiento de la dinámica global.

#### *II. Evolución de las cuencas oceánicas*

3. Situación geológica y geodinámica.
4. Dorsales y creación de litosfera oceánica.
5. Reconstrucción de los océanos en el tiempo pasado.
6. Subsistencia térmica y relieve general de los fondos oceánicos.
7. Islas oceánicas y plateaux oceánicos. Origen y evolución.
8. Circulación hidrotermal.
9. Sedimentación global en el fondo de los océanos. Circulación general de las aguas oceánicas

#### *III. Destrucción de la litosfera oceánica*

10. Zonas de subducción, morfología y situación geodinámica
11. Características sedimentarias, magmáticas y estructurales.
12. Arcos de islas y cuencas marginales.
13. Complejos de subducción y mélanges tectónicas.
14. Sedimentación y deformación en los complejos de subducción

#### IV. Márgenes continentales y su evolución geodinámica

15. La transición continente-océano.
16. Estructuras asociadas a la formación de márgenes continentales.
17. Rifts continentales y márgenes continentales.
18. Sedimentación y evolución geodinámica en los márgenes continentales.
19. Inversión tectónica en los márgenes.
20. Márgenes antiguos.

#### V. Las áreas marinas circundantes de la Península Ibérica como caso de estudio

21. Las áreas marinas ibéricas en relación con la tectónica de la Placa Ibérica.
22. Márgenes cantábrico, portugués y del Golfo de Cádiz en relación con la historia Mesozoica del Atlántico Central.
23. Márgenes del Golfo de Valencia y el Mar de Alborán en el contexto de la evolución del límite de placas entre África y Eurasia.
24. Consideraciones finales sobre el estudio de áreas marinas y la evolución tectónica y sedimentaria de las zonas continentales.
25. Modelos de evolución tectónica a escala regional.

#### Prácticas

1. Cuantificación de la evolución de un área oceánica mediante la delimitación de anomalías magnéticas.
2. Interpretación de perfiles de sísmica de alta resolución.
3. Interpretación de perfiles de sísmica multicanal. Estructuras extensionales en márgenes continentales.
4. Interpretación de perfiles de sísmica multicanal. Estructuras compresionales en zonas de subducción y en zonas de inversión tectónica.
5. Interpretación de perfiles de sísmica multicanal. Estructuras debidas a fallas con desplazamiento en la horizontal.
6. Cartografía de estructuras y cuerpos sedimentarios mediante el cruzado de perfiles sísmicos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALLEGRE, C. (1983). *L'écume de la Terre*. Fayard. Paris. 366 pp.
- ANDERSON, R. N. (1988). *Marine geology: a planet earth perspective*. John Wiley & Sons. New York. 328 pp.
- BOILLOT, G. (1984). *Geología de los márgenes continentales*. Masson. Barcelona. 141 pp.
- NICOLÁS, A. (1995). *Las montañas bajo el mar: expansión de los océanos y tectónica de placas*. Springer. Barcelona. 200 pp.

## MAPAS ESTRATIGRÁFICOS (143)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de las Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **3** (1 Teórico + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción: concepto de mapa estratigráfico. Elección de la unidad estratigráfica. Elección de la variable. Tipos de mapas.
2. Mapas descriptivos: la geometría de los cuerpos sedimentarios.
3. Mapas descriptivos: composición de los cuerpos sedimentarios. Mapas de facies.
4. Mapas descriptivos. Mapas de variabilidad vertical.
5. Mapas de paleocorrientes.
6. Mapas interpretativos. Mapas paleogeográficos. Mapas paleogeológicos.
7. Los mapas estratigráficos en el contexto del análisis de las cuencas sedimentarias. Relación con otros datos.

### Prácticas

1. Recopilación de datos de paleocorrientes en una unidad sedimentaria.
2. Tratamiento y elaboración de datos tomados en salida de campo, para la composición de mapas estratigráficos.
3. Elaboración de diferentes tipos de mapas estratigráficos.
4. Interpretación de mapas estratigráficos.

### BIBLIOGRAFÍA

- FORGOTSON, J. M. (1960). *Review and classification of quantitative mapping techniques. Bulletin of the American Association of Petr. Geologists.*, v. 44, pp. 83-100.
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L. (1969). *Estratigrafía y sedimentación*. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Mexicana. México. 778 pp.
- MIALL, A. D. (1985). *Principles of sedimentary basin analysis*. Springer-Verlag. New York. 490 pp.
- NORTH, F. K. (1985). *Petroleum geology*. Allen & Unwin. Boston. 607 pp.
- REES, F. B. (1972). *Methods of mapping and illustrating stratigraphic traps*. In: R.E. KING (ed.) (1981). *Stratigraphic oil and gas fields*. American Association of Petroleum Geologists. Tulsa, Oklahoma. 168-221 pp.
- VERA, J. A. (1994). *Estratigrafía: principios y métodos*. Rueda. Madrid. 805 pp.

## MICROPALEONTOLOGÍA GENERAL (144)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Micropaleontología. Aspectos conceptuales y metodológicos. Concepto de microfósil. Desarrollo histórico de la micropaleontología. Tendencias actuales en la investigación.
2. Técnicas micropaleontológicas. Aislamiento de microfósiles. Preparación de muestras y técnicas de estudio. Observación, descripción y determinación de los microfósiles.
3. La posición de los microfósiles en la sistemática de los seres vivos. Principales grupos de Procariotas y Eucariotas. Grupos enigmáticos que se estudian en Micropaleontología. Cianobacterias y estromatolitos.
4. Algas (I). Principales grupos de interés paleontológico. Crisofitas: Cocolitofóridos, Silicoflagelados y Diatomeas.
5. Algas (II). Pirrofitas: Dinoflagelados. Rodofitas y Clorofitas. Carofitas.
6. Protozoos. Principales grupos. Rizópodos. Características generales de los Foraminíferos, dimorfismo y reproducción.
7. Foraminíferos. Concha: forma, tamaño, organización, estructura y ornamentación. Composición de la concha y desarrollo. Paleoecología. Tendencias evolutivas y filogenia.
8. Clasificación de los foraminíferos. Suborden Allogromiina. Suborden Texturaliina. Orbitolínidos.
9. Suborden Fusulinina: clasificación. Fusilínidos: organización y estructura de la concha. Principales grupos, paleoecología, evolución y bioestratigrafía.
10. Suborden Miliolina: organización y estructura de la concha. Clasificación. Paleoecología e interés bioestratigráfico. Macromiliólidos y Alveolínidos: clasificación, principales grupos y bioestratigrafía.



11. Suborden Rotaliina: clasificación. Principales grupos de microforaminíferos bentónicos calcáreos. Paleoecología y biogeografía.
12. Nummulítidos: organización y clasificación. Paleoecología e interés geológico. Miogypsínidos. Orbitoíddidos: clasificación. Interés bioestratigráfico.
13. Foraminíferos planctónicos: morfología y hábitat. Biogeografía. Clasificación. Principales grupos. Interés bioestratigráfico.
14. Actinópodos: Radiolarios. Morfología. Clasificación. Paleoecología y biogeografía.
15. Cilióforos: Calpionélidos. Morfología. Principales grupos. Paleoecología e interés bioestratigráfico.
16. Ostrácodos: características generales. Morfología de la concha. Dimorfismo y orientación. Clasificación. Paleoecología. Tendencias evolutivas y filogenia de los Ostrácodos. Principales grupos de interés geológico.
17. Conodontos: morfología. Asociaciones de Conodontos. Clasificación. Principales grupos. Bioestratigrafía. Conodontofóridos.
18. Otros microfósiles de Metazoos: Espículas de Esponjas. Escleritos de Alcionarios y Holotúridos. Artejos y placas de Crinoideos, Asteroideos y Equinoideos. Escolecodontos. Pterópodos y Tentaculítidos. Otolitos. Conchostráceos. Escamas y placas dérmicas de peces.
19. Microfacies: constituyentes bióticos de las microfacies. Microtexturas, composición mineralógica primaria y cambios diagenéticos. Criterios para reconocer la microestructura de las partes esqueléticas de los metazoos.
20. Microfacies standard: principales tipos de microbiofacies. Interés geológico.

### *Prácticas*

1. Técnicas micropaleontológicas (I). Levigado de rocas blandas y parcialmente endurecidas. Disgregación de rocas con microfósiles, mediante la utilización de métodos físicos y químicos. Separación y concentración de microfósiles mediante la utilización de líquidos pesados.
2. Técnicas micropaleontológicas (II). Preparación de nannoplacton calcáreo. Preparación de microfósiles con esqueleto silíceo. Realización de secciones delgadas.
3. Algas calcáreas. Reconocimiento de los principales grupos de Algas calcáreas, mediante su estudio en lámina delgada. Reconocimiento de oogonios de Carofitas.
4. Foraminíferos: generalidades y Textulariínos. Análisis macroscópico y microscópico de caracteres morfológicos estructurales de Foraminíferos actuales y

- fósiles. Reconocimiento en lámina delgada de la naturaleza y microestructura de la concha. Reconocimiento de microforaminíferos aglutinantes. Análisis macroscópico y en lámina delgada de orbitolínidos.
5. Foraminíferos: Fusulininos y Miliolinos. Observación de caracteres morfológicos y estructurales de Fusulininos y Miliolinos. Análisis macroscópico y en lámina delgada de Fusulininos y Miliolinos. Reconocimiento de algunos géneros de interés en lámina delgada.
  6. Foraminíferos: Rotaliínos bentónicos: Observación de caracteres morfológicos y estructurales de Rotaliínos bentónicos. Análisis macroscópico y en lámina delgada de Nummulítidos y Orbitoíditos, y reconocimiento de algunos géneros de interés. Reconocimiento de géneros representativos de otros Rotaliínos bentónicos.
  7. Microfósiles planctónicos (I): reconocimiento de Silicoflagelados y Diatomeas. Observación de caracteres morfológicos y estructurales de foraminíferos planctónicos. Reconocimiento de algunos géneros de Globigerináceos de particular interés.
  8. Microfósiles planctónicos (II): observación de la morfología del esqueleto de los Radiolarios y reconocimiento de algunos géneros de interés. Reconocimiento de los géneros de Calpionélidos con mayor importancia estratigráfica.
  9. Ostrácodos: observación de caracteres morfológicos de la concha en ejemplares actuales y fósiles. Reconocimiento de géneros de interés pertenecientes a los órdenes de los Leperditocópidos y Paleocópidos. Reconocimiento de géneros de interés pertenecientes a los órdenes de los Podocópidos y Miodocópidos.
  10. Conodontos: preparación y observación de caracteres morfológicos de Conodontos. Reconocimiento de grupos de interés.
  11. Microbiofacies: estudio de microbiofacies típicas del Fanerozoico de España.

## BIBLIOGRAFÍA

- BATE, R. H.; ROBINSON, J. E. & SHEPPARD, L. M. (1982). *Fossil and recent ostracods*. Ellis Horwood. Chichester. 492 pp.
- BIGNOT, C. (1985). *Elements of micropaleontology*. Graham & Trotman. London. 217 pp.
- BRASIER, M. D. (1985). *Microfossils*. Allen & Unwin. London. 193 pp.
- HOROWITZ, A. S. & POTTER, P. E. (1971). *Introductory petrography of fossils*. Springer Verlag. Berlín. 302 pp.
- KUMMEL, B. & RAUP, D. M. (Eds). (1965). *Handbook of paleontological techniques*. W.H. Freeman. San Francisco. 852 pp.
- LIPSS, J. H. (Ed.) (1993). *Fossil prokaryotes and protists*. Blackwell Scient. Public. Oxford.
- MURRAY, J. W. (1991). *Ecology and palaeocology of benthic foraminifera*. John Wiley & Sons. New York.
- NEUMANN, M. (1967). *Manuel de Micropaléontologie des Foraminifères*. vol. I. Gautier-Villars. Paris. 297 pp.
- TAPPAN, H. (1980). *The paleobiology of plant protists*. Freeman. San Francisco. 1028 pp.
- WRAY, J. L. (1977). *Calcareous algae*. Elsevier. Amsterdam. 185 pp.

## PALEOECOLOGÍA (145)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Objetivos y definiciones de la Paleoecología.
2. Conceptos básicos en Paleoecología.

#### *II. Las biocenosis*

3. Diferentes adaptaciones: movilidad, nutrición, reproducción, crecimiento, etología.
4. Comunidades biológicas; cadenas tróficas. Estructura y dinámica de poblaciones. Estrategias ecológicas.

#### *III. Los biotopos*

5. Los sustratos: tipos y calidades.
6. Parámetros de medios acuáticos: salinidad, batimetría, hidrodinámica, oxigenación, turbidez.
7. Indicadores paleoambientales: a) bióticos; b) abióticos.

#### *IV. Factores bióticos/abióticos*

8. Origen de materiales sedimentarios.
9. Construcciones biosedimentarias.
10. Papel de los organismos vegetales.
11. Bioturbaciones.

### V. Interpretación de yacimientos antiguos

12. Caracteres, origen, interpretación y explotación, ambientes fluviales (turberas de Rhynia, areniscas con Voltzia).
13. Ambientes lacustres (Lago de Messel).
14. Ambientes marinos: a) plataforma; b) arrecifes; c) dominio oceánico.

### Prácticas

1. Introducción, objetivos y métodos.
2. Interpretación y evaluación de yacimientos. a) yacimientos por concentración; b) yacimientos por conservación.
3. Observación y trabajo directo con material de diferentes edades, procedencias y características. Observaciones para el estudio de: a) paleoasociaciones marinas; b) paleoasociaciones lacustres; c) paleoasociaciones continentales; d) evidencias de autoctonía y/o aloctonía (s.l.).
4. Cuantificación de datos. Análisis y resultados, su expresión gráfica y valoración.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGER, D. V. (1963). *Principles of paleoecology: an introduction to the study of how and where animals and plants lived in the past*. McGraw-Hill. New York. 371 pp.
- BABIN C. (1991). *Principles de paléontologie*. Armand Colin. Paris. 451 pp.
- BEHRENSMEYER A. K.; DAMUTH, J. D.; DIMICHELE, W. A.; POTTS, R.; SUES, H. D. & ING, S. L. (Eds.) (1992). *Terrestrial ecosystems through time: evolutionary paleoecology of terrestrial plants and animals*. University of Chicago Press. Chicago. 568 pp.
- BONIS, L. de (1991). *Evolution et extinction dans le regne animal*. Masson. Paris. 192 pp.
- BOUCOT, A.J. (1981). *Principles of benthic marine paleoecology*. Academic Press. New York. 463 pp.
- BRIGGS, D. E. G. & CROWTHER, P.R. (1990). *Palaeobiology: a synthesis*. Blackwell Scientific Publ. Oxford. 583 pp.
- DUVINEAUD, P. (1974). *La synthèse écologique*. Doin. Paris. 296 pp.
- GALL, J. C. (1976). *Environnement sédimentaires anciens et milieux de vie: introduction à la paléoécologie*. Doin. Paris. 228 pp.
- GALL, J. C. (1995). *Paléoécologie: paysages et environnements disparus*. Masson. Paris. 239 pp.
- GOLDRING, R.(1991). *Fossils in the field: information potential and analysis*. Longmans Scientific & Technical. New York. 218 pp.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, N. y TRUYOLS, J. (1994). *Paleontología: conceptos y métodos*. Síntesis. Madrid. 334 pp.
- MCKERROWS, W. S. (Ed.) (1978). *The ecology of fossils: an illustrated guide*. Duckworth. London. 384 pp.

## PETROFÍSICA (138)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Cuarto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Conceptos generales: significado geológico de la Petrofísica. Concepto físico-químico de sólido, líquido y gas: cohesión y viscosidad. Características petrofísicas de los sólidos: cohesión física y química.
2. El cristal: la celdilla fundamental. Fuerzas de cohesión: reparto de fuerzas en el cristal. Composición química y mineralógica. Relación sólido-sólido: rozamiento interno. Análisis composicional de las rocas.
3. El color de los minerales y las rocas. El espectro visible: atributos del color. Triestímulos. Carta cromática. Sistemas de expresión del color: coordenadas X Y y Z; Y x y; L\* a\* b\* y L\* C\* h. El Sistema Munsell.
4. Propiedades escalares de las rocas: densidad y peso específico. Volúmenes real y aparente. Determinaciones: picnómetros y balanza hidrostática. Porosidad de las rocas: concepto y tipos.
5. Líquidos: definición y característica. Cohesión y viscosidad: viscosímetros. Densidad: Balanza de Mohr-Westphal. Interacciones líquido-gas. Tensión superficial. Ecuación de Young-Laplace.
6. Importancia de la curvatura superficial: equilibrio gas-vapor-líquido. Condensación capilar y sobresaturación. Interacciones líquido-líquido. Líquidos tensoactivos e inactivos.
7. Interacciones sólido-líquido. Adsorción. Líquidos que mojan y que no mojan. Flotación. Capilaridad. Ley de Jurin. Altura capilar.
8. Medidas de la tensión superficial. Métodos estáticos: Método de Wilhelmy. Métodos dinámicos: tensiómetros y estalagmómetros. Métodos de Wilhelmy y Adam para determinar el ángulo del menisco. Cohesión. Adhesión y Adsorción.
9. Conceptos de Fisorción y Quimisorción. Determinación de la fisorción: Métodos volumétricos y gravimétricos. Isotermas de fisorción. Los modelos B.E.T. Influencia de la morfología de los poros: Hitéresis de la desorción.

10. Análisis del sistema poroso. Morfología de los poros: Microscopía de Fluorescencia. Procesador digital de imagen: parámetros definitorios. Poros con "cuello de botella".
11. El medio hídrico en las rocas. Estado higrométrico. Humedades. Condensación. Tipos de aguas. Adsorción de agua.
12. Permeabilidad. Ley de Darcy. Número de Reynolds. Difusión, diálisis y ósmosis.
13. Distribución de poros. Porometría al agua. Concepto de pF. Técnicas analíticas por succión para macro, meso y microporos. Porometría por intrusión de mercurio y por adsorción de gases. Superficie específica.
14. Comportamiento hídrico de las rocas. Saturación. Cinemática de succión de agua: Sorción y Desorción. Coeficiente de Succión capilar. Permeabilidad al vapor de agua. Pipeta de Karsten. Dilatación por succión de agua.
15. Propiedades mecánicas de las rocas. Diagrama esfuerzo-deformación. Factores que modifican sus propiedades: Presión confinante, temperatura, fatiga y disoluciones. Deformaciones plásticas. Resistencia a la compresión simple. Ley de Hooke. Coeficiente de Poisson. Módulo de Young. Resistencia a la compresión triaxial.
16. Resistencia a la tracción. Propiedades dinámicas. Modelos dinámicos de deformación. Coeficiente dinámico de Poisson. Métodos de determinación por ultrasonidos. Resistencia a la flexión. Dureza superficial: durómetros y esclerómetros. Resistencia a la abrasión.
17. Disgregación mecánica de las rocas. Factores petrográficos. El tectonicismo. Factores climáticos: temperatura y dilatación térmica. Dilatación hídrica: capilaridad. Disgregación biofísica.
18. Formación de sales. Cristalofísica: presiones de hidratación y cristalización. Heladicidad.
19. Durabilidad: disgregación petrofísica acelerada. Ciclos de humedad-sequedad. Cámara climática: ciclos hielo-deshielo. Formación de sales por inmersión y por capilaridad.
20. Propiedades térmicas de las rocas. Conductividad calorífica. Dilatación térmica y coeficiente de dilatación.
21. Propiedades eléctricas. Resistividad y conductividad. Constante dieléctrica. Anomalías y significado de la distribución de resistividades.
22. Propiedades magnéticas. Susceptibilidad magnética. Paramagnetismo y diamagnetismo. Momentos magnéticos atómicos y moleculares. Ferromagnetismo. Permeabilidad magnética.

### Prácticas

1. Determinación del color: Espectrocolorímetro, Colorímetro tricromático. Cartas de color. Determinación del brillo.
2. Determinación de la densidad de sólidos mediante Picnómetro.
3. Determinación de la densidad de líquidos: a) Picnómetro, b) Balanza de Mohr-Westfal, c) Densímetros. Determinación del Ángulo de contacto.
4. Porosimetrías: Porosímetro de mercurio. Determinación de viscosidad en líquidos mediante Viscosímetro. Determinación de superficie específica.
5. Caracterización de comportamiento mecánico de materiales pétreos: a) Velocidad de propagación de ultrasonidos, b) Esclerómetro (Martillo de Schmidt).
6. Caracterización del comportamiento hídrico de materiales pétreos: Ensayos de saturación, sorción-desorción, capilaridad. Ensayos de durabilidad.

### BIBLIOGRAFÍA

- BROWN, E.T. (1981). *Rock Characterization, Testing and Monitoring*. ISRM, Imperial College of Science and Technology. London.
- CARMICHAEL, R.S. (1986). *Handbook of Physical Properties of Rocks*. CRS Press Inc. New York.
- DÍAZ PEÑA, M. y ROIG MONTANER, A. (1980). *Química-Física*. Ed. Alhambra. Madrid.
- GREGG, S. J. & SING, K. S. W. (1995). *Adsorption, surface Area and Porosity*. Academic Press. Inc. San Diego.
- GROLIER, J.; FERNÁNDEZ, A.; MUCHER, M. et RISS, J. (1991).- *Les Propriétés Physiques des Roches*. Ed. Masson. Paris.
- JIMÉNEZ SALAS, J. A. y JUSTO ALPAÑES, J. L. (1975). *Geotecnia y cimientos*. E. Rueda. Madrid.
- SCHÖN, J. H. (1996). *Physical Properties of Rocks. Fundamentals and Principles of Petrophysics*. Pergamon Press. Oxford.
- ULICH, H. (1946). *Manual de Química-Física*. Ed. Manuel Martín. Barcelona.

## GEOLOGÍA DE CAMPO (146)

*Tipo de asignatura:* **Obligatoria**

*Créditos:* **6** (6 Prácticos)

Departamentos responsables: **Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía, Geodinámica, Paleontología, Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

Elaboración de mapas geológicos generales y/o temáticos por los alumnos en zonas de campo.

Se desarrollan en campamentos que suponen un total de 7 días de permanencia de los alumnos en el campo.



## ESTRUCTURA Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES (147)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. La materia cristalina como medio continuo y anisótropo. Se describe la materia cristalina como un medio material sobre el que se desarrollan fenómenos físicos. Sus propias características simétricas condicionan la aparición de los fenómenos. Se estudia la interrelación entre medio-fenómeno.
2. Vectores y tensores. La naturaleza de los fenómenos y la interacción entre causa y efecto, se describe mediante unas expresiones matemáticas vector-tensor, tensor-tensor, escalar-vector, que son desarrolladas en este tema.
3. Componentes de la materia cristalina. Átomos, iones y moléculas. Enlace químico. Poliedros de coordinación en relación con el enlace. Propiedades ligadas a la naturaleza del enlace. Los cristales pueden ser contemplados como un conjunto ordenado de enlaces, de cuya naturaleza dependerá un gran conjunto de propiedades físicas de los cristales.
4. Principales estructuras y derivados estructurales. Se describen estructuras tipo como: cloruro sódico, fluorita, rutilo, espinela, corindón, etc y se relacionan con las propiedades que puedan presentar.
5. Propiedades eléctricas de los minerales. Se estudian los fenómenos de conducción eléctrica en los minerales. Se describen y clasifican los diferentes fenómenos de conducción en relación con la estructura.
6. Propiedades magnéticas de los minerales. Óxidos de hierro, níquel y cromo. Se estudia el fenómeno del magnetismo, las estructuras magnéticas y su relación con las estructuras cristalográficas. en particular, se estudia el magnetismo de los óxidos de hierro, níquel y cromo.
7. Propiedades ópticas en los minerales: birrefringencia, interferencia óptica, actividad y absorción. Se estudian los fenómenos ópticos desde el punto de vista cuantitativo y se les relaciona con la estructura del mineral.
8. Propiedades mecánicas en los minerales. Plasticidad y elasticidad y fenómenos de rotura. Toda tensión produce una serie de fenómenos según el valor

de la fuerza aplicada sobre un mineral, tales como deformaciones plásticas, elásticas o roturas. Se estudian cuantitativamente dichos fenómenos y se relacionan con su estructura

9. Propiedades no vectoriales de los minerales. Hay un conjunto de propiedades que no dependen de la dirección sobre la que se mida. Son las llamadas propiedades escalares. Alguna de ella con innegable interés.

### Prácticas

1. Práctica sobre manejo y cálculo de tensores de orden
2. Cálculo de la superficie específica del tensor simétrico. Cálculo de los ejes principales, influencia de la simetría del cristal sobre el tensor; aplicación del método de Fumi.

### BIBLIOGRAFÍA

- CRANGLE, J. (1977). *The magnetic properties of solids*. Edward Arnold. London. 194 pp.
- INTERNATIONAL UNION OF CRYSTALLOGRAPHY (1992). *International tables for X-Ray crystallography*. The Kynoch Press. Birmingham. 3 vol.
- NEWNHAM, R. E. (1975). *Structure-Property relations*. Springer-Verlang. New York. 234 pp.
- NYE, J. F. (1972). *Physical properties of crystals*. Clarendon Press. Oxford. 322 pp.
- SHUVALOV, L. A. (Ed.) (1988). *Modern Crystallography. Vol. IV: Physical properties of crystals*. Springer-Verlang. Berlín. 583 pp.
- WELL, A. F. (1978). *Química Inorgánica estructural*. Reverté. Barcelona. 1154 pp.

## GEOLOGÍA DE MINAS (148)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Introducción a la geología de minas. Clasificación de los recursos minerales: Recurso energético, menas metálicas, rocas y minerales industriales.
2. Historia de la minería. Recursos minerales y civilización. Oro y plata, dos constantes: el ayer, el presente y el futuro. Introducción a las rocas y minerales industriales.
3. Principios de economía minera. Mena, reserva, recurso. Precios y mecanismos de mercado. Factores económicos, geográficos y políticos. El mercado nacional e internacional de las rocas y minerales industriales. La minería del siglo XXI. Situación actual y tendencia de futuro del consumo de minerales.
4. Geología de yacimientos de menas metálicas: una visión aplicada a la minería metálica. Naturaleza y morfología de los cuerpos mineralizados. Encajantes, alteraciones, patrones de fracturación. Fractalidad. Distritos, provincias metalogénicas.
5. Geología de yacimientos de rocas y minerales industriales. Ambientes geológicos de los yacimientos de minerales industriales, áridos y rocas ornamentales.
6. Exploración e investigación de recursos minerales. Aspectos legales: Ley de Minas. Planificación de una campaña. Estudios de gabinete. Trabajos de campo. Cómo, cuándo y dónde sondear: problemas geológicos y económicos. Del prospector a la mina.
7. Estimación de reservas: métodos volumétricos. Métodos geoestadísticos. Control de leyes y simulación.
8. Clasificación de las reservas. Estimación de las reservas: métodos volumétricos. Métodos geoestadísticos. Control de leyes y simulación. Los recursos mundiales de materias primas minerales.

9. Minería subterránea: terminología. Equipos. Propiedades geomecánicas y caracterización de los macizos rocosos. Diseño de explotaciones subterráneas. Métodos de explotación. Seguridad e higiene en el trabajo. Diseño de voladuras. Reutilización del espacio subterráneo. Riesgos de subsidencia minera, estudio y prevención. Papel del geólogo en las explotaciones subterráneas.
10. Explotación de canteras: terminología. Tipos de yacimientos explotables a cielo abierto. Equipos. Caracterización geomecánica de macizos rocosos. Diseño de canteras. Sistemas de explotación. Voladura en canteras. Seguridad e higiene en el trabajo. Ejemplos de explotaciones a cielo abierto de minerales metálicos e industriales, áridos y rocas ornamentales. Papel del geólogo en la minería a cielo abierto.
11. Economía minera. De la mina al mercado. Minerales metálicos, tratamiento de menas. Rocas y minerales industriales. Mineralurgia. Tratamiento y procesamiento de rocas y minerales industriales.
12. Evaluación y corrección de impactos ambientales. Legislación. Restauración del espacio natural afectado por las explotaciones mineras. Drenaje ácido, residuos tóxicos. Reutilización de residuos y huecos de explotaciones mineras.

### Prácticas

1. La producción minera de España.
2. Balance de la producción mineral.
3. Exploración de yacimientos de rocas y minerales industriales.
4. Exploración de yacimientos de menas metálicas.
5. Tramitación y elaboración de un permiso de investigación.
6. Cálculo de reservas por el método volumétrico.
7. Cálculo de reservas por el método geoestadístico.
8. Labores del geólogo en la minería metálica.
9. Labores del geólogo en las canteras.
10. Testificación de sondeos mineros.
11. Redacción de un estudio de impacto ambiental de una explotación minera.

### BIBLIOGRAFÍA

- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (1994) Minas. Régimen Jurídico. Colección de Textos Legales.
- EVANS, A. M. (Ed.). (1995). *Introduction to mineral exploration*. Blackwell. Oxford. 396 pp.
- GOCHT, W. R.; ZANTOP, H. & EGGERT, R. G. (1988). *International mineral economics: mineral exploration, mine evaluation, mineral markets, international mineral policies*. Springer-Verlag. Berlin. 271 pp.

- HARRIS, D. V. P. (1990). *Mineral exploration decision*. John Wiley & Sons. New York. 436 pp.
- ITGE (1992) *Evaluación y corrección de impactos ambientales. y corrección de impactos ambientales*. Madrid. 301 pp.
- ITGE (1993). *Estudios de viabilidad en proyectos mineros*. Madrid. 133 pp.
- ITGE (1995). *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Madrid. 604 pp.
- ITGE (1996). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Madrid. 332 pp.
- JAMBOR, J. L. & BLOWES, D. W. (1994). *Short course handbook on environmental geochemistry of sulfide mine-wastes*. Mineralogical Association of Canada
- KESLER, S. E. (1994). *Mineral resources economics and the environment*. MacMillan College Publishing. New York. 391 pp.
- MCKINSTRY, H. E. (1977). *Geología de minas*. Omega. Barcelona. 671 pp.
- PETERS, W. C. (1978). *Exploration and mining geology*. John Wiley & Sons. New York. 696 pp.
- SHACKLETON, W. G. (1986). *Economic and applied geology*. Croom Helm. London. 226 pp.

## MINERALES INDUSTRIALES (149)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **9** (5 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Concepto de mineral industrial. Objetivos del programa. Bibliografía básica.
2. Criterios de clasificación. Situación actual y evolución de los minerales industriales en el mundo y en España.

#### *II. Principales minerales industriales*

3. Alunitas. Características mineralógicas. Propiedades. Principales yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
4. Arcillas. Caolines, bentonitas y sepiolita-palygorskita. Caracterización, propiedades y principales tipos de depósitos. Exploración, aplicaciones y especificaciones. Producción.
5. Asbestos. Caracterización. Propiedades. Tipología. Yacimientos. Exploración, aplicaciones y especificaciones. Producción.
6. Baritina. Características mineralógicas. Propiedades físicas. Tipos de Yacimientos. Exploración, aplicaciones y especificaciones. Producción.
7. Bauxitas. Ciclo geoquímico del aluminio. Composición química y mineralógica. Propiedades. Tipos de yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
8. Boratos. Mineralogía. Geoquímica del boro. Tipos de yacimiento. Propiedades. Exploración, usos y producción.
9. Diamantes. Composición y estructura. Propiedades. Tipos de yacimiento, exploración y producción.
10. Estroncianita y Celestina. Geoquímica del estroncio. Tipos de yacimientos. Exploración y producción. Usos.

11. Feldespatos. Mineralogía y tipos de yacimientos. Exploración, aplicaciones y especificaciones. Producción.
12. Fluoruros. Fluorita y Criolita. Características mineralógicas y propiedades. Tipos de yacimientos. Exploración y producción.
13. Fosfatos. Mineralogía. Ciclo geoquímico del fósforo. Tipos de yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
14. Grafito. Características mineralógicas y propiedades. Tipos comerciales y yacimientos. Exploración, especificaciones y usos. Producción.
15. Magnesita. Características mineralógicas. Productos comerciales. Tipos de yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
16. Sales potásicas. Geoquímica del potasio. Mineralogía. Condiciones de formación y principales yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
17. Sales sódicas. Geoquímica del sodio. Mineralogía. Condiciones de formación. Tipos de yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
18. Silicatos aluminicos. Andalucita, sillimanita, distena, mullita. Propiedades físicas. Yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
19. Sílice. Ciclo geoquímico del silicio. Mineralogía. Propiedades. Condiciones genéticas de formación. Aplicaciones y producción.
20. Talco y pirofilita. Características mineralógicas. Propiedades. Tipos de yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
21. Minerales de tierras raras. Características geoquímicas. Mineralogía. Propiedades. Yacimientos. Exploración, aplicaciones y producción.
22. Minerales de titanio y circonio. Características mineralógicas. Aplicaciones. Producción.
23. Vermiculita. Características mineralógicas. Propiedades. Tipos de yacimiento. Exploración, aplicaciones y producción.
24. Wollastonita. Estructura. Composición. Propiedades físicas. Tipos de yacimiento. Exploración, aplicaciones y producción.
25. Zeolitas. Mineralogía. Tipos de yacimiento. Propiedades. Zeolitas sintéticas.

### *III. Principales campos de aplicación de los minerales industriales*

26. Abrasivos: características generales. Tipos y clasificación. Abrasivos naturales y sintéticos.

27. Gemas. Mineralogía. Propiedades físicas y químicas. Influencia de las propiedades sobre la preparación y usos. Métodos de estudio. Principales yacimientos. Usos industriales. Piedras preciosas sintéticas. Piedras de imitación.
28. Materiales cerámicos. Propiedades fundamentales y tipos. Principales materias primas.
29. Materiales en la industria del papel y del plástico. Materiales de carga. Propiedades. Materiales de recubrimiento. Características reológicas.
30. Otros usos. Industria química. Usos electrónicos y ópticos. Vidrios, pigmentos, aislantes.

### Prácticas

1. Revisión bibliográfica de datos sobre un determinado mineral industrial (Localización geológica de posibles yacimientos en España. Caracterización mineralógica y propiedades. Aplicaciones posibles y evaluación de su explotabilidad). Realización de un informe.
2. Prácticas de laboratorio. Tratamiento de minerales industriales.

### BIBLIOGRAFÍA

- CARR, D. D. & HERZ, N. (1989). *Concise encyclopedia of mineral resources*. Pergamon Press. Oxford. 426 pp.
- EVANS, A. M. (1995). *Ore geology and industrial minerals*. 3th Ed. Blackwell Science. Oxford.
- HARBEN, P. W. & BATES, R. L. (1984). *Geology of the nonmetallics*. Metal Bulletin. New York. 392 pp.
- KUZVART, M. (1984). *Industrial minerals and rocks*. Elsevier. Amsterdam. 454 pp.
- LEFOND, S.J. (Ed.) (1983). *Industrial minerals and rocks*. 5th Ed. Amer. Inst. Mining, Metall., and Petroleum Engineers. New York. 2 vol.
- PANORAMA MINERO 1994/1995. Instituto Geominero de España.
- SINHA, R.K. (1982). *Industrial minerals*. Balkema. Rotterdam. 480 pp.



## MINERALES DE INTERÉS GEMOLÓGICO (150)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:*

### CONTENIDOS

1. Introducción: minerales y gemas. Gemas sintéticas y de imitación. Gemología y Mineralogía: clasificación de las gemas.
2. Origen y yacimientos de las gemas: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Placeres. Venas. Gemas de origen secundario.
3. Gemología y Cristalografía. Características cristal químicas de las gemas.
4. Propiedades físicas características de las gemas: dureza, estabilidad, etc. Utilidad para su identificación. Limitaciones.
5. Propiedades ópticas de las gemas: brillo, color, etc. Justificación estructural.
6. Técnicas ópticas de identificación. El refractómetro.
7. Métodos de síntesis de gemas: fusión y solución. Otras técnicas. Diferenciación entre gemas sintéticas y naturales.
8. Gemas de imitación: vidrios, plásticos, gemas artificiales, dobletes, etc. Diferenciación de las gemas naturales y sintéticas.
9. Tratamientos y manufactura de las gemas. Tallas.
10. Gemología descriptiva. Gemas naturales. Gemas de origen orgánico. Gemas sintéticas.
11. Economía y mercado de las gemas. Gemas famosas. Las gemas y las joyas.

### *Prácticas*

1. Reconocimiento de *visu*.
2. Manejo de las técnicas de identificación: polarímetro, refractómetro, lupa, etc.
3. Criterios de diferenciación entre diamantes sintéticos y naturales.
4. Procedimientos de síntesis.

## BIBLIOGRAFÍA

- HURLBUT, C. S. JR. & KAMMERLING, R. C. (1991). *Gemology*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 336 pp.
- GÜBELIN, E.J. & KOIVULA, J. I. (1992). *Photoatlas of Inclusions in Gemstones*. 2nd Ed. ABC Edition. Zurich. 532 pp.
- SUNAGAWA, Y. (1982). *Gem materials, natural and artificial*. Current Topics in Materials Science, cap. 5. Vol. 10, Ed. E. KALDIS. North-Holland Publishing Company. 1081-1231.

## MINERALOGÍA DE MENAS (151)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **6** (2 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Concepto de mena. Paragénesis y secuencia paragenética.

#### *II. Texturas de minerales de mena*

2. Introducción.

3. Tipos de texturas: texturas debidas a deposición primaria. Texturas de crecimiento. Texturas coloidales. Texturas sedimentarias. Texturas de transformación. Evoluciones. Texturas de reemplazamiento. Texturas de oxidación. Texturas de cementación. Texturas de deformación. Texturas metamórficas. Texturas especiales.

4. Aplicación de las texturas en la recuperación de menas.

#### *III. Paragénesis*

5. Criterios para elaborar una secuencia paragenética.

6. Ejemplos de estudios paragenéticos.

#### *IV. Asociaciones minerales típicas en yacimientos minerales*

7. En rocas ígneas: Cr en rocas máficas y ultramáficas. Sulfuros de Fe-Ni-Cu en rocas máficas y ultramáficas. Óxidos de Fe-Ti asociados a rocas ígneas. Sulfuros de Cu/Mo asociados a pórfidos. Depósitos de tipo skarn.

8. En venas o filones: Cu-Pb-Zn-Ag. Ag-Bi-Co-Ni-As-(U). Sn-W-Bi. Au y minerales asociados. As, Sb o Hg asociados a metales de base.

9. En rocas sedimentarias: Fe-Mn en ambientes sedimentarios. U-V-Cu en areniscas. Au-U en conglomerados. Pb-Zn en rocas carbonatadas. Sulfuros de metales de base en yacimientos estratoligados.

10. En rocas volcánicas: Cu-Fe-Zn en ambientes volcánicos. Sulfuros masivos.

V. *Geotermometría: aplicación al estudio de menas*

11. Minerales metálicos: composición de arsenopirita. Par esfalerita-calcopirita.
12. Inclusiones fluidas.

VI. *Isótopos estables: aplicación al estudio de menas*

13. Características generales de los isótopos estables.
14. Fraccionamiento isotópico. Isótopos como geotermómetros.
15. Oxígeno e hidrógeno en aguas geotermales y salmueras.
16. Oxígeno e hidrógeno en yacimientos hidrotermales.
17. Carbono en yacimientos hidrotermales.
18. Azufre en yacimientos sulfurados. Fraccionamiento isotópico entre sulfuros.
19. Fraccionamiento isotópico de azufre en fluidos mineralizadores

*Prácticas*

1. Microscopia de luz reflejada: identificación de fases minerales, reconocimiento de texturas y establecimiento de la secuencia paragenética.
2. Microtermometría de inclusiones fluidas.
3. Problemas: cálculos a partir de datos de inclusiones fluidas, composición de minerales metálicos y datos isotópicos. Aplicación a casos reales.

BIBLIOGRAFÍA

- CRAIG, J. R. & VAUGHAN, D. J. (1994). *Ore microscopy and ore petrography*. 2nd Ed. John Wiley & Sons. New York. 434 pp.
- FAURE, G. (1986). *Principles of isotope geology*. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York. 589 pp.
- HOEFS, J. (1987). *Stable isotope geochemistry*. Springer-Verlag. Berlín. 241 pp.
- INESON, P.R. (1989). *Introduction to practical ore microscopy*. Longman Scientific & Technical. Harlow. 181 pp.
- LUNAR, R. y OYARZUN, R. (1991). *Yacimientos minerales: técnicas de estudio, tipos, evolución...* Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid. 938 pp.
- RAMDORF, P. (1980). *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press. Oxford. 2 vol.
- ROEDDER, E. (1984). *Fluid inclusions*. Mineralogical Society of America. Washington. 644 pp.
- SHEPHERD, T. J.; RANKIN, A. H. & ALDERTON, D. H. M. (1985). *A practical guide to fluid inclusion studies*. Blackie. Glasgow. 239 pp.
- VIVO, B. & FREZZOTI, M. L. (Eds.) (1994). *Fluid inclusions in minerals: methods and applications*. Fluid Research Laboratory. Blacksburg. 377 pp.

## PROSPECCIÓN GEOFÍSICA II (152)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**  
*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**  
*Créditos:* **4** (2 Teóricos + 2 Prácticos)  
*Departamento responsable:* **Geodinámica**  
*Curso:* **Quinto**  
*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *1. Prospección Geofísica aplicada a la Hidrogeología*

1. Relación entre parámetros geofísicos y características de acuíferos. Definiciones: porosidad, factor de formación, permeabilidad. Parámetros eléctricos utilizados: resistividad del agua de formación ( $R_w$ ), resistividad de la roca saturada en agua ( $R_0$ ), resistividad total de la roca ( $R_t$ ). Relaciones empíricas: porosidad/resistividad, saturación/resistividad, relación resistividad/concentración de sales/temperatura. Parámetros sísmicos utilizados: velocidad, atenuación, factor de calidad. Relaciones empíricas con la porosidad, la permeabilidad y el contenido en arcillas.
2. Investigaciones en cuencas sedimentarias. Parámetros geofísicos que definen los acuíferos. Sistemas de Prospección Geofísica aplicables. Geometría de los cuerpos, nivel de base. Propiedades deducibles desde parámetros geofísicos. Presentación de resultados.
3. Investigación en zonas carbonatadas. Tipos de acuíferos. Karst de gran extensión y poca penetración: corte tipo, parámetros geofísicos que lo caracterizan, métodos geofísicos aplicables. Karst ligado a estructuras lineales con desarrollo en profundidad: características, parámetros geofísicos, métodos de prospección, conductos subterráneos, tipos, sistemas de prospección.
4. Investigación en zonas ígneas y metamórficas. Tipos de acuíferos. Alteración superficial: corte tipo, parámetros geofísicos característicos, sistemas de prospección. Zonas fisuradas: características, parámetros geofísicos, sistemas de prospección.
5. Investigación en áreas volcánicas. Posibles acuíferos y materiales impermeables, características geofísicas, formas de prospección.
6. Investigación en zonas costeras. Prospección para aguas termales. Localización del límite agua dulce-agua salada. Contenido de sales. Planimetría.

## *II. Prospección Geofísica aplicada a la Ingeniería Geológica*

7. Obras lineales de gran desarrollo: FFCC, autovías, canales. Ripabilidad/voladura: límites, rendimientos, costes. Determinación del nivel de roca sana (bedrock). Heterogeneidades laterales. Cubicación de graveras y prestamos.
8. Obras localizadas: presas, viaductos, desmontes. Determinación de la geometría recubrimiento/roca alterada/roca sana. Índices de fisuración. Módulos de elasticidad: Cross-Hole, Down-Hole. Tomografía.
9. Obras subterráneas. Investigaciones en boquillas: determinación del nivel de roca sana, calidad de la roca, módulos de elasticidad. Investigaciones en el cuerpo del túnel: estructura geológica a cota del túnel, relación parámetros geofísicos/clasificaciones geomecánicas, zona descomprimida, control del "trasdós".
10. Cimentación de edificios. Geometría del subsuelo. Heterogeneidades. Huecos y galerías.
11. Controles de calidad. Posición y características del límite plataforma/banqueta de balasto. Horizontes bajo la capa de rodadura. Densidad en terraplenes. Densidad y continuidad de bulonado en zonas recubiertas. Tuberías y conducciones subterráneas.

## *III. Prospección Geofísica aplicada a estudios medioambientales*

12. Investigación en vertederos. Plumas de lixiviados, localización de cuerpos extraños, acumulaciones de gas, controles de impermeabilidad.
13. Investigación en suelos contaminados. Detección de plumas de contaminación. Paso a mapas de isocontenidos.

## *IV. Prospección Geofísica aplicada a investigaciones arqueológicas*

14. Estructuras antrópicas a escasa profundidad. Localización de estructuras lineales. Detección de galerías. Caracterización de materiales.

## *V. Prospección Geofísica aplicada a investigación de yacimientos*

15. Investigación de minerales metálicos.
16. Investigación de minerales no metálicos.

### Prácticas

1. Cálculo de parámetros hidrogeológicos a partir de testificaciones geofísicas en pozo y de investigaciones geofísicas en superficie.
2. Planificación, desarrollo y conclusiones de una campaña de S:E:V: y sísmica de refracción, aplicada a hidrogeología. Se realiza sobre un área limitada y geológicamente conocida. Redacción final de un informe.
3. Estudio del movimiento de tierras en un gran desmonte, a partir de perfiles sísmicos de refracción. Cálculo de volúmenes ripado/voladura, rendimientos, costes. Redacción de un informe.
4. Ensayos geofísicos en la boquilla de un túnel para determinar: geometría, módulos y otros parámetros geomecánicos.
5. Realización de mapas de conductividad (EM), para la localización de contaminaciones.
6. Cubicación de masas de minerales a partir de gravimetría.

### BIBLIOGRAFÍA

- DOBRI, M. B. (1960). *Introduction to geophysical prospecting*. 2nd. Ed. McGraw-Hill. New York. 446 pp.
- GRANT, F.S. & WEST, G. F. (1965). *Interpretation theory in applied geophysics*. McGraw-Hill. New York. 584 pp.
- LOG *interpretation principles: applications*. (1987). Schlumberger Educational Services. Houston, Texas. 190 pp.
- PARASNIS, D. S. (1972). *Principles of applied geophysics*. Chapman & Hall. London. 214 pp.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L.P. & SHERIFF, R. E. (1994). *Applied geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge. 770 pp.

## ROCAS INDUSTRIALES (153)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **3** (1,5 Teóricos + 1,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Introducción a las Rocas Industriales: Definición. Clasificaciones geológicas y por sectores productivos. Importancia económica en el conjunto de los recursos mineros. Mercado internacional y nacional.
2. Piedras de cantería y Rocas ornamentales: Definiciones. Tipología de las piedras de cantería. Métodos de extracción y laboreo. Utilización en construcción. Aplicación de la piedra de cantería en arquitectura monumental. Utilización en restauración de monumentos. Análisis de la procedencia de rocas de construcción utilizada en el Patrimonio Histórico. Distribución de las principales piedras de cantería en España. Mercado nacional de la piedra de cantería.
3. Rocas Ornamentales: tipología de las rocas ornamentales: Pizarras, Granitos y Mármoles. Métodos de extracción y laboreo. Evolución de las tecnologías de extracción. Métodos de prospección de rocas ornamentales. Manufactura de la roca ornamental. Especificaciones y normativa. Ensayos de calidad. Mercado nacional e internacional. Principales yacimientos de roca ornamental en España. Nomenclatura comercial utilizada. Fabricación de terrazos. Problemática ambiental derivada de la extracción de rocas ornamentales.
4. Áridos: Definiciones y conceptos según usos. Tipología de los yacimientos de áridos: áridos naturales, de machaqueo y artificiales. Métodos de extracción y tratamiento. Comercialización de los áridos. Especificaciones y ensayos de calidad de áridos: requisitos para áridos de hormigón, balastos y escolleras. Métodos de prospección de yacimientos de áridos. Economía y mercado de áridos en España. Problemática ambiental relacionada con la extracción de áridos.
5. Materiales utilizados como aglomerantes: Definición y tipos de aglomerantes. El cemento portland: materias primas y proceso de fabricación. Variedades de cemento y aditivos. Economía de la industria del cemento en España. Principales yacimientos. Características y tipos de hormigones. Especificaciones y ensayos sobre hormigones. Deterioro del hormigón.



6. Cales. Materias primas y proceso de fabricación. Evolución histórica de la manufactura de cales. Especificaciones de las cales según usos. Panorámica actual de la utilización de cales y su mercado.
7. Yesos. Materias primas para la obtención de yeso y procesos de fabricación según tipos de productos: yesos de construcción y escayolas. Especificaciones para los diferentes productos. Investigación de nuevos materiales en la industria del yeso. Principales yacimientos de yeso en España. Prospección de depósitos de yeso. Economía y mercado de los productos yesíferos.
8. Productos cerámicos. Arcillas de ladrillería. Características de los yacimientos de arcillas para construcción. Criterios de prospección. Métodos de extracción y proceso de fabricación. Especificaciones y ensayos según normativa. La industria ladrillera en España: principales yacimientos y localización de industrias. Economía y mercado de las arcillas utilizadas en ladrillería. Problemática ambiental relacionada con la extracción de arcillas de construcción en España.
9. Materias primas utilizadas en la fabricación del vidrio. Tipos de yacimientos: arenas y otros materiales silíceos. Métodos de extracción y proceso de fabricación del vidrio. Especificaciones. Tipos de vidrios según usos. La industria del vidrio en España: principales yacimientos y localización de industrias.

### *Prácticas*

1. Piedras de Cantería. Trabajo práctico sobre inventario de piedras de cantería según regiones (por grupos de alumnos): a) Confección de mapas con localización de yacimientos; b) Evaluación del Patrimonio Arquitectónico construido con diferentes piedras de cantería.
2. Rocas Ornamentales. Observación de visu y mediante microscopio petrográfico de colecciones de rocas. Elaboración de inventarios de rocas ornamentales según regiones (por grupos de alumnos). Reconocimiento de tipos de rocas ornamentales utilizadas en entornos urbanos.
3. Ejercicios prácticos de evaluación de reservas de rocas ornamentales y planteamiento de diseño de explotaciones.
4. Áridos. Observación de visu y mediante microscopio petrográfico de colecciones de rocas utilizadas como áridos. Ejercicio práctico de evaluación de reservas en yacimientos de áridos naturales: caso de graveras del Jarama.
5. Cales y yesos. Análisis químicos rápidos de calidad. Realización de ensayos de control de pérdidas por calcinación. Observación de visu y mediante microscopio petrográfico de materias primas utilizadas para la fabricación de cales y yesos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ATKINSON, K. & BRASSINGTON, R. (Eds.) (1983). *Prospecting and evaluation of non-metallic rocks and minerals*. The Institution of Geologists. J. Lake & Co Ltd. Cornwall. 264 pp.
- BATES, R. L. (1969). *Geology of the industrial rocks and minerals*. Dover Pub. Inc. New York. 459pp. 441 pp.
- CEDEX-MOPU (1986). *Curso sobre Materias Primas para la Obra Pública*. Gabinete de Formación y Documentación CEDEX. Madrid.
- FUNDACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA (1984). *Segundo Curso de Rocas Industriales*. Apuntes Universidad-Empresa. Madrid. 493 pp.
- GOMA, F. (1979). *El Cemento Portland y otros Aglomerantes*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona. 232 pp.
- HARBEN, P. W. y BATES, R. L. (1984). *Geology of the Nonmetallics*. Metal Bulletin Inc., New York. 392pp.
- KNILL, J. L. (Ed.) (1978). *Industrial Geology*. Oxford Univ. Press. Oxford. 344 pp.
- KUZVART, M. (1984). *Industrial Minerals and Rocks*. Developm. Economic Geology. Elsevier., Amsterdam.
- LEFOND, S.J. (Ed.) (1984). *Industrial Minerals and Rocks*. Am. Inst. Mining Metall. Petrol. Engineering., 2 volumes.
- PRENTICE, J. E. (1990). *Geology of Construction Materials*. Chapman & Hall. London. 202 pp.

## YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS (154)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Recursos Minerales (RM)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Conceptos generales: clasificaciones de recursos y reservas. Tipos de recursos minerales.
2. Modelización de yacimientos: tipos de modelos. Modelos descriptivos. Modelos estadísticos. Modelos genéticos.
3. Exploración y evaluación de recursos minerales sedimentarios: métodos de exploración. Exploración geofísica y geoquímica. Técnicas de evaluación.
4. Procesos generadores de yacimientos sedimentarios. Yacimientos de origen residual: bauxitas. Yacimientos tipo placer: procesos generadores de los placeres.
5. Yacimientos relacionados con procesos diagenéticos: yacimientos del tipo Mississippi Valley. Yacimientos relacionados con procesos de sedimentación: yacimientos de hierro. Yacimientos de manganeso. Yacimientos de cobre. Yacimientos relacionados con procesos de evaporación: mecanismos generadores. Evaporitas de interés económico.
6. Yacimientos relacionados con la bacteriogénesis: influencia de las bacterias en la génesis de yacimientos. Yacimientos tipo roll de uranio. Yacimientos relacionados con procesos de oxidación y enriquecimiento supergénico: mecanismos generadores.
7. Yacimientos orgánicos: el carbón. Tipos de carbones. Ambientes genéticos. Yacimientos orgánicos: el petróleo. Mecanismos generadores del petróleo. Migración y entrapamiento del petróleo. Arenas asfálticas y pizarras bituminosas.
10. Métodos de explotación de los yacimientos sedimentarios. Métodos de explotación a cielo abierto. Métodos de explotación subterránea.
11. Los tratamientos mineralúrgicos. Preparación mecánica del mineral. Métodos de enriquecimiento. La flotación por espumas. Balsas de lodos: tipos y criterios de ubicación.
12. Impacto ambiental del aprovechamiento de los recursos minerales. Tipos de impactos. Métodos de restauración del impacto ambiental.

*Prácticas*

1. El muestreo. Tipos y características del muestreo. Determinación de errores.
2. Cálculo de la ley media. Ley media en distribuciones normales y distribuciones lognormales. Métodos estadísticos y métodos de ponderación.
3. Métodos de estimación de las reservas. Métodos clásicos: métodos de los polígonos, métodos de los cortes. Otros métodos clásicos.
4. Métodos de estimación de las reservas: métodos geoestadísticos. Concepto y aplicaciones de la geoestadística a la evaluación de recursos minerales sedimentarios.
5. Optimización económica de explotaciones a cielo abierto. Método del cono flotante. Método de Lerchs y Grossmann.
6. Evaluación económica de proyectos mineros. Aplicación del VAN Y TRI a un caso práctico.
- 7-11. La informática aplicada a la evaluación de yacimientos: ejemplos prácticos con diferentes programas informáticos (rockware, geoeas, datamine, etc.).

## BIBLIOGRAFÍA

- ANNELS, A.E. (1996). *Mineral deposit evaluation: a practical approach*. Chapman & Hall. London. 436 pp.
- BUSTILLO, M. y LÓPEZ JIMENO, C. (1996). *Recursos Minerales*. Entorno Gráfico, S.L. Madrid. 372 pp.
- BUSTILLO, M. y LÓPEZ JIMENO, C. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*. Entorno Gráfico, S.L. Madrid. 704 pp.
- COX, D.P. & SINGER, D. (1986). Mineral deposit models. *U.S. Geological Survey Bulletin*. 1693.
- DAVID, M. (1977). *Geostatistical ore reserve estimation*. Elsevier. Amsterdam. 364 pp.
- GUILBERT, J. M. & PARK, C. F. (1986). *The geology of ore deposits*. Freeman and Company. New York. 985 pp.
- JENSEN, M. L. & BATEMAN, A. M. (1979). *Economic mineral deposits*. 3rd Ed. John Wiley & Sons. New York. 593 pp.
- PETERS, W. C. (1978). *Exploration and mining geology*. John Wiley & Sons. New York. 685 pp.
- WOLF, K. H. (Ed.). (1976-81). *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*. Elsevier. Amsterdam. 10 vols.

## ANÁLISIS GEOAMBIENTAL Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL (155)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **6** (2 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Conceptos y terminología: Medio Ambiente, Ecología y Geoecología, Planificación y Gestión Territorial.
2. La problemática ambiental: aspectos socio-económicos. Concepto de recurso, clasificación según su carácter-utilidad. Uso de los recursos: crecimiento y desarrollo, modelos según las limitaciones ambientales.
3. La problemática ambiental: aspectos ecológicos. Medio autorregulado versus medio antropizado. Conservación y antropización: degradación y agotamiento de recursos.
4. Objetivos generales de la planificación integral: las cualidades del territorio como referencia; usos vocacionales e inducidos.
5. Objetivos particulares de la planificación integral: identificación, prevención y corrección de impactos ambientales; restauraciones ecológicas; limitaciones de usos y conservación; riesgos naturales e inducidos.
6. Métodos y técnicas en planificación integral: esquema general y etapas a considerar.
7. Inventario y cartografía: indicadores ambientales, selección de atributos relevantes de la Gea; técnicas cartográficas y para el procesado de datos; fichas tipo.
8. Valoración: establecimiento de escalas de prioridad para ordenar los recursos según sus cualidades intrínsecas. Tipos de valoraciones: mercantil, científico-cultural, ecológica y mixta.
9. Integración de parámetros-elementos sectoriales inventariados: superposición manual y automática, integración o síntesis ponderada de cualidades; GIS y análisis multivariable.
10. Confrontación usos-recursos: métodos y técnicas de evaluación; mapas de capacidad de acogida, vulnerabilidad y degradación; diseño general para el Territorio según los modelos de atributos intrínsecos y de acuerdo con usos supuestos o programados.

11. Síntesis y propuestas: diseño final de planificación. Selección de alternativas y modelos de acción territorial.
12. Gestión del territorio: planificación versus ordenación. Puesta en práctica del modelo de acción territorial. Seguimiento y control: las ecoauditorias.

### Prácticas

1. Objetivos y métodos. En la elaboración de un proyecto de Planificación Territorial
2. Contexto general del territorio: encuadre fisiográfico y socio-económico.
3. Características del territorio: inventarios sectoriales, valoración y cartografía.
4. Características del territorio: unidades homogéneas, integración y cartografía.
5. Confrontación-evaluación: diagnóstico general para cada unidad y formulación de un modelo según diferentes hipótesis de uso.
6. Diseño final: cartografía con la leyenda explicativa para cada unidad de actuación programada.
7. Indicaciones y recomendaciones para la gestión del proyecto.

### BIBLIOGRAFÍA

- CONESA, V. (1995). *Auditorías medioambientales: guía metodológica*. Mundi-Prensa. Madrid. 520 pp.
- GÓMEZ, D. (1978). *El medio físico y la planificación*. CIFCA. Madrid. 2 vols.
- GONZÁLEZ, S. (1981). *Modelos y experiencias de integración de la planificación física y socioeconómica*. CEOTMA. Madrid.
- GONZÁLEZ, S.; AGUILÓ, M. y RAMOS, A. (1983). *Directrices y técnicas para la estimación de las implantaciones industriales*. 3ª Ed. Trabajos de la Cátedra de Planificación ETSIM, UPM. Madrid. 225 pp.
- MCHARG, I. L. (1992). *Desing with nature*. 2ª Ed. John Wiley & Sons. New York.
- Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. (1993). Ministerio de O.P. y Transportes. Madrid. 809 pp.
- PEDRAZA, J. de. (Coord.) (1981). *Geología y medio ambiente*. CEOTMA. Madrid. 463 pp.
- PLAN especial de protección de medio físico de la provincia de Madrid*. COPLACO. Madrid. 129 pp.
- RAMOS, A. (1979). *Planificación física y ecología: modelos y métodos*. EMESA. Madrid. 216 pp.
- REUNIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (1: 1980: Santander). *Geología ambiental y ordenación del territorio...* Santander. 4 vols.
- REUNIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (3: 1987: Valencia). *Geología ambiental y ordenación del territorio...* Universitat, Servicio de Publicaciones. Valencia. 4 vols.
- REUNIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (5: 1993: Murcia). *Problemática geoambiental y desarrollo: ...* SEGAOT. Madrid. 2 vols.

## CARTOGRAFÍA MEDIOAMBIENTAL Y TELEDETECCIÓN (156)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *1. Cartografía medioambiental*

1. Bases para una cartografía medioambiental: Tipos de mapas. Cartografía medioambiental: definición y objetivos Clasificación general de los mapas. Clasificación de los mapas medioambientales.
2. Mapas de referencia: El mapa topográfico de España. Proyecciones usadas. coordenadas geográficas y planas. El Mapa Topográfico de España: El mapa 1:50.000 y otras escalas. Coordenadas de los mapas españoles. Coordenadas rectangulares: Coordenadas Lambert y Coordenadas UTM. Consideraciones sobre el trabajo con mapas topográficos.
3. Fotografía aérea y de paisaje: geometría de los fotogramas y aplicaciones a la fotogrametría. Fotografía aérea. Relación entre fotografía aérea y triangulación: localización de un punto cualquiera de la fotografía aérea sobre el mapa. Cálculo de alturas en la fotografía aérea. Trabajo con fotos de paisaje. La fotografía aérea en Cartografía medioambiental.
4. Modelos de terreno tridimensionales. Construcción de modelos y bloques diagramas. Diagramas en "caja de huevo". Dibujo de bloques diagrama. Bloques en perspectiva real. Bloques en falsa perspectiva. Modelos estereoscópicos.
5. Mapas geológicos y derivados. El mapa geológico. El mapa litológico. El mapa tectónico. Los mapas de lineamientos.
6. Mapas de pendientes. Mapas de laderas. Mapas geomorfológicos y relacionados. Mapas de pendientes. Elaboración de un mapa de pendientes. Mapa de laderas y su realización. Mapas Geomorfológicos.
- 7 Mapas hidrológicos e hidrogeológicos. Mapas de cuencas hidrográficas. Mapas hidrográficos. Mapa de densidad de cauces. Mapa de longitudes de valles. Mapas de escorrentía y permeabilidad. Otros mapas hidrológicos e hidrogeológicos y mapas relacionados.

8. Mapas climatológicos y relacionados. Mapas meteorológicos. Mapas climatológicos específicos: de precipitaciones; de días cubiertos y de nieblas; de vientos; de insolación; de temperaturas; de evapotranspiración. Mapas climáticos y de confort cismático.
9. Mapas geotécnicos. Mapa de excavabilidad. Mapas de formaciones superficiales. Mapa de aptitud para préstamos. Mapa de limitaciones de uso. Mapa de áridos y rocas de construcción.
10. Mapas de recursos. Mapa de rocas industriales. Mapa metalogenético. Mapas de sustancias energéticas. Mapas geotérmicos. Mapas de aguas termales. Mapas de manantiales y de aguas minerales. Mapas de recursos hidráulicos. Mapa de recursos solares. Mapa de recursos eólicos. Mapas de recursos culturales.
11. Mapas de suelos y de vegetación. Mapas relacionados. Mapas edafológicos. Mapas de uso de suelo. Mapas de vegetación
12. Mapas de riesgos y peligrosidad. Mapas de riesgos. Definición de riesgo y mapas más conocidos. Algunos ejemplos: mapas de riesgos de inundaciones y mapas de inundabilidad; mapas de riesgos sísmicos y volcánicos; mapa de caídas gravitacionales; mapa de arcillas expansivas.
13. Mapas de síntesis. Sistemas de Información Geográfica (GIS). Descripción de algunos mapas de síntesis y su aplicación: mapas fisiográficos; mapas de cuencas visuales; mapas de paisaje; mapas de impactos; mapas de explotación y restauración.

## *II. Teledetección*

14. Fundamentos de Teledetección. El espectro electromagnético y los materiales naturales. Sensores remotos; el "pixel". Fotografía aérea. Radar. Teledetección por satélite.
15. Diferentes sistemas de teledetección. Descripción de los diferentes sistemas de teledetección y programas. Características y disponibilidad de imágenes. Fotografía aérea, Espectro visible, Infrarrojo cercano, Imágenes térmicas de infrarrojos, SAR.
16. Radar lateral y SAR. Fundamentos, Características, interpretación de imágenes. La prospección geofísica aerotransportada. La teledetección en un futuro próximo Seasat, ERS.
17. Teledetección aplicada I. Ordenación y planificación del territorio; Agricultura, Erosión y Forestal. Geología y Minería.
18. Teledetección aplicada II. Hidrología, Regadíos, Medio ambiente, Oceanografía, Glaciología
19. Posicionamiento por satélite (GPS). Fundamentos del GPS.



### Prácticas

1. Elaboración de mapas de pendientes y laderas orientadas y jerarquización de la red hidrográfica a partir de] mapa topográfico 1:10.000, de una zona de la Comunidad de Madrid
2. Análisis del mapa geológico y obtención del mapa litológico: mapas de litologías específicas.
3. El Mapa Hidrogeológico. Elaboración de una base para mapa hidrogeológico de la zona de referencia
4. Consulta y elaboración de los mapas de vegetación y suelos.
5. Comparación entre mapas y fotografías aéreas de diferentes fechas: estudio de la evolución temporal de la zona.
6. Superposición de las capas de información: mapas de síntesis.
7. Teledetección: Búsqueda bibliográfica y elaboración de un póster sobre aplicaciones concretas con Teledetección, prioritariamente en España, incidiendo en el efecto de algunos filtros aplicables a la imagen.

### BIBLIOGRAFÍA

- CHUVIECO, E. (1990). *Fundamentos de teledetección espacial*. Rialp. Madrid. 453 pp.
- GÓMEZ OREA, D. (1994). *Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*. Instituto Tecnológico y GeoMinero de España & Ed. Agrícola Española, (co-Edit) Serie: Ingeniería geoambiental. Madrid, 238 pp.
- MCCAFL, J., & MARKER, B. (Eds.) (1989). *Earth science mapping for planning, development and conservation*. Graham & Trotman. 268 pp.
- MARTÍNEZ-TORRES L. M. (1994). *Mapas geóticos*. Servicio Ed. Univ. País Vasco. Bilbao. 191 pp.

## EDAFOLOGÍA I (157)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **9** (4 Teóricos + 5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. El suelo como unidad de estudio. Perfil del suelo. Horizontes genéticos.
2. Componentes del suelo. Componentes inorgánicos del suelo. Silicatos. No silicatos.
3. Caracterización mineralógica de los suelos. Métodos de estudio. Difracción de rayos-X. Microscopia electrónica. Métodos térmicos.
4. Filosilicatos: Grupo de la caolinita. Grupo de las esmectitas. Grupo de la vermiculita. Grupo de las micas. Cloritas. Sepiolita-paligorskita.
5. Minerales interestratificados. Determinación de los componentes de la interestratificación. Tipo de orden. Proporción de los componentes.
6. Caracterización de: Cuarzo. Feldespatos. Carbonatos. Óxidos. Sulfatos. Otros.
7. Estructura del suelo. Niveles de organización estructural. Mecanismos de formación de agregados. Interacción entre partículas. Estabilidad de los agregados. Porosidad.
8. Materia orgánica del suelo. Formación de sustancias húmicas. Tipos de humus.
9. Propiedades del suelo. Intercambio iónico. Reacción del suelo
10. Estructura del suelo. Aireación. Propiedades térmicas del suelo.
11. Fase líquida del suelo. Retención del agua en el suelo. Movimiento del agua.
12. Clasificación de suelos. Leyenda del Mapa de Suelos FAO-UNESCO. Horizontes y propiedades de diagnóstico.
13. Suelos no ligados a condiciones climáticas zonales específicas (Fluvisoles, Gleysoles, Leptosoles, Regosoles). Suelos orgánicos (Histosoles). Suelos modificados por influencia humana (Antrosoles).
14. Suelos minerales condicionados por el material de partida (Arenosoles, Andosoles, Vertisoles). Suelos con horizonte cámbico (Cambisoles).
15. Suelos con acumulación de sales en clima árido o semiárido (Calcisoles, Gypsisoles, Solonchaks, Solonetz). Suelos con marcada acumulación en superficie de materia orgánica saturada en bases (Kastanozems, Phaeozems, Gryzems).

16. Suelos que presentan acumulación de arcilla o de sesquióxidos y materia orgánica, en horizontes subsuperficiales (Luvisoles, Planosoles, Podsoluvisoles, Podsoles). Suelos bajo clima tropical o subtropical (Ferralsoles, Acrisoles, Alisoles, Lixisoles, Nitrisoles, Plinthosoles).

### Prácticas

1. Modelización de estructuras mediante programas de ordenador.
2. Técnicas de preparación de muestras para su estudio mineralógico: polvo total. Preparación de suspensiones. Preparación de agregados orientados. Eliminación de cementantes.
3. Identificación mineralógica de los constituyentes del suelo. Identificación de los diferentes minerales mediante diagramas de polvo total y de agregados orientados.
4. Cuantificación de difractogramas.
5. Caracterización de minerales interestratificados mediante difracción de rayos-X.
6. Visita al centro de Microscopía Electrónica de la UCM.
7. Preparación de las muestras de suelos: secado, tamizado, triturado y envasado de las muestras.
8. Análisis granulométrico. Determinación de texturas.
9. Determinación de estructuras y color del suelo.
10. Determinación de pH y conductividad.
11. Determinación de C orgánico y N total.
12. Capacidad de intercambio catiónico.

### BIBLIOGRAFÍA

- BRADY, N. C. (1984). *The nature and properties of soil*. 8th Ed. MacMillan. New York. 639 pp.
- BREWER, R. (1964). *Fabric and mineral analysis of soils*. John Willey & Sons. New York. 470 pp.
- DIXON, J. B. & WEED, S. B. (Eds.) (1977). *Minerals in soil environments*. 2nd ed. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin. 1.244 pp.
- DUCHAUFOUR, P. y SOUCHIER, B. (Eds.) (1984). *Edafología I: Edafogénesis y clasificación*. Masson. Barcelona. 493 pp.
- DUCHAUFOUR, P. y SOUCHIER, B. (Eds) (1987). *Edafología II: Constituyentes y propiedades del suelo*. Masson. Barcelona. 461 pp.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OR THE UNITED NATIONS. (1974). *Soil map of the world 1: 5.000.000*. UNESCO. París. 59 pp.
- FOTH, H. (1985). *Fundamentos de la ciencia del suelo*. Compañía Editorial Continental. Mexico. 435 pp.
- MITCHELL, J. K. (1976). *Fundamentals of soil behavior*. John Willey & Sons. New York. 422 pp.
- MOORE, D. M. & REYNOLDS, R. C. (1989). *X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. Oxford University Press. Oxford. 322 pp.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundiprensa. Madrid. 807 pp.
- VELDE, B. (1992). *Introduction to clay minerals: chemistry, origins, uses and environments significances*. Chapman & Hall. London. 198 pp.

## EDAFOLOGÍA II (158)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **4** (1 Teórico + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Génesis y evolución del suelo: Factores de formación y procesos en los suelos. Interrelaciones del suelo con la roca parental, el clima, el paisaje y los factores bióticos y antrópicos. Consideraciones de la dimensión temporal de los suelos
2. Cronosecuencias y cronofunciones: Propiedades asociadas la materia orgánica de los horizontes A, desarrollo del horizonte .... color, de las fracciones de FE, P y AL, CO,Ca, arcillas etc y cuantificación de las propiedades de los suelos con el tiempo. Su aplicación a la geología del Cuaternario, al análisis de las cuencas sedimentarias y geomorfología.
3. Degradación del suelo: erosión y desertificación. Procesos y mecanismos de la erosión. Modelos de erosión: Físicos, analógicos y digitales. Medidas de erosión en los suelos y estrategias de control, gestión y métodos. Degradación del suelo y calidad ambiental.
4. Cartografía de suelos, principios y metodología de trabajo. Usos y aplicaciones de los mapas de suelos. Evaluación de suelos y del terreno: método de clases de capacidad agrológica, método FAO de evaluación de terreno, etc.

### Prácticas

1. Cartografía de la Capacidad del medio Edáfico y Vulnerabilidad de los suelos a la Contaminación, partiendo del análisis de las Formas del terreno (LAND-FARMS) y los Elementos que las constituyen junto con las propiedades de los suelos inherentes a las Firmas y Elementos y su tipología. Mapas de Capacidad, Vulnerabilidad a partir de los parámetros y atributos del suelo y del entorno físico. Otras cartografías derivadas: cartografía geomorfológica detallada y de erosión y potencial de los suelos.

2. Trabajo práctico en campo y laboratorio siguiendo normas FAO de descripción de suelos, desde la información acerca del sitio de la muestra, de la descripción de las propiedades de los horizontes del suelo a la interpretación de sus susceptibilidades y aptitudes medioambientales

#### BIBLIOGRAFÍA

- BIRKLAND, P. W. (1984). *Soils and geomorphology*. Oxford University Press. New York.
- BUTLER, B. E. (1980). *Soils clasification for soil survey*. Clarendon Press. Oxford. 129 pp.
- LAL, R. (Ed.) (1988). *Soil erosion: research methods*. SWCS. Ankeny. Iowa. 224 pp.
- OLSON, G. W. (1984). *Field guide to soils and the environment aplications of soils surveys*. Chapman & Hall. New York. 219 pp.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Madrid. 807 pp.
- RETALLAK, G.J. (1990). *Soils of the past: an introduction to paleopedology*. Unwin Hyman. Boston. 520 pp.
- WAMBERE, A. & FORBES, T. (1986). *Guidelines for using soil taxonomy in the names of soil map units*. USDA.

## HIDROGEOLOGÍA CUANTITATIVA (159)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **5 (2 Teóricos + 3 Prácticos)**

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Objeto y contenido de la asignatura. Metodología de trabajo y evaluación de conocimientos. Bibliografía básica y específica.

#### *II. Estadística aplicada a la Hidrogeología*

2. Conceptos básicos fundamentales de estadística descriptiva y su aplicación en el campo de la Hidrogeología.
3. Correlación y regresión de parámetros hidrogeológicos. Error de la estima.
4. Distribuciones de uso más frecuente en Hidrogeología: la distribución normal, y la log-normal. Relación entre los parámetros estadísticos de ambas distribuciones.
5. Métodos probabilísticos para la estimación de parámetros hidrogeológicos. Ajuste de muestras a distribuciones normal y log-normal. Método de la máxima verosimilitud. El test "chi-cuadrado".
6. Análisis comparativo de muestras: los test no-paramétricos.
7. Programas informáticos para el análisis estadístico de datos hidrogeológicos.
8. La teoría de las variables regionalizadas. Concepto de variograma. Tipos de variogramas y parámetros que los definen. Interpretación del Variograma.
9. El Kriging como interpolador de datos hidrogeológicos.
10. Programas geoestadísticos para el análisis de datos hidrogeológicos.

### III. Modelos digitales en Hidrogeología

11. Los modelos digitales como herramienta para la simulación de procesos hidrogeológicos. Tipos de modelos. Utilidad o inutilidad de los modelos.
12. Modelos digitales de flujo subterráneo. Procesos simulables. Datos de partida. Metodología de elaboración. Análisis de resultados.
13. Programas informáticos más usuales para la elaboración de modelos digitales de flujo.
14. Modelos digitales de transporte de masa en aguas subterráneas. Procesos simulables. Datos de partida. Metodología de elaboración. Análisis de resultados.
15. Programas informáticos más usuales para la elaboración de modelos de transporte de masa.

### Prácticas

1. Análisis estadístico de datos hidrogeológicos. Análisis geoestadístico de datos hidrogeológicos.
2. Elaboración e interpretación de un modelo digital de flujo subterráneo.
3. Elaboración e interpretación de un modelo digital de transporte de masa.

### BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, M. P. & WOVSSNER, W. (1992). *Applied groundwater modeling*. Academic Press. London. 381 pp.
- FETTER, C. W. (1994). *Applied Hydrogeology*. MacMillan. New York. 691 pp.
- KONIKOV, L. F. & BREDEHOEFF, J. D. (1978). *Computer model of two dimensional solute transport and dispersion in groundwater*. Tech. of Water Resources Investigation, USGS. Book 7. Chap. C-2. 90 pp.
- MARSILY, G. de. (1986). *Quantitative hydrogeology: groundwater hydrology for engineers*. Academic Press. San Diego. 440 pp.
- MCDONALD, M. & HARBAUGH, A. W. (1988). A modular three-dimensional finite difference groundwater flow model. *U.S. Geological Survey Open File Report 83-875*. Book 6.
- PRECKETT, T.; NAYMIK, T. G. & LONNQUIST, C. G. (1981). *A random walk solute transport model for selected groundwater quality evaluation*. State Water Survey. Illinois. 103 pp.
- SIEGEL, S. (1956). *Nonparametric statistics*. McGraw-Hill. New York. 312 pp.
- YEVSEVICH, V. (1972). *Probability and statistics in hydrology*. Water Resources Publication. Fort Collins, Colorado. 302 pp.

## HIDROQUÍMICA Y CONTAMINACIÓN (160)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **4** (2 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción. Características físico-químicas de las aguas naturales.
2. Equilibrio químico. Ley de Acciones de Masas. Asociación y disociación de especies disueltas.
3. Disolución de minerales. Sistemas carbonáticos.
4. Procesos Redox.
5. Cambio Iónico y adsorción.
6. Hidrología isotópica (I). Hidrología isotópica (II).
8. Geomembranas. Difusión.
9. Toma de muestras y medidas in situ. Métodos de representación e interpretación de análisis hidroquímicos.
10. Introducción a la Cinética Química.
11. Especiación química. Métodos y programas de cálculo. Programa Wateqf.
12. Balances de masa y transferencia de masa. Programas de cálculo (NETPATH, BALANCE).
13. Hidrogeoquímica de las rocas carbonatadas.
14. Hidrogeoquímica de las rocas cristalinas.
15. Hidrogeoquímica de las grandes cuencas sedimentarias.
16. Ecuación general del transporte de solutos en aguas subterráneas.
17. Calidad del agua subterránea para distintos usos.



18. Contaminación de las aguas subterráneas y vulnerabilidad de acuíferos. El Programa DRASTIC.
19. La contaminación de aguas subterráneas en España.
20. Métodos de corrección de la contaminación de las aguas subterráneas.

#### *Prácticas*

1. Representación de análisis químicos.
2. Problemas de Ley de Acción de Masas.
3. Problemas de especiación química e índice de saturación.
4. Problemas de balance de masas.
5. Análisis hidrogeoquímico regional.
6. Calidad del agua subterránea para distintos usos.
7. Ejercicio práctico de análisis de vulnerabilidad de acuíferos.
8. Prácticas de laboratorio de análisis químicos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- CUSTODIO, E. y LLLAMAS, M. R. (Eds.)(1983). *Hidrología subterránea*. 2ª Ed. Omega. Barcelona.
- DOMÉNICO, P.A. & SCHWARZ, F. W. (1990). *Physical and chemical hydrogeology*. John Wiley & Sons. New York. 824 pp.
- DREVER, J. (1988). *The geochemistry of natural waters*. 2nd Ed. Prentice Hall. New Jersey. 437 pp.
- FETTER, C. W. (1994). *Applied hydrogeology*. Macmillan. New York. 691 pp.
- FEEZER, R. A. & CHERRY, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall. New Jersey. 604 pp.
- HEM, J. D. (1986). *Study and interpretation of chemical analyses of natural water*. U.S. Geological Survey. Alexandria, Virginia. 264 pp.
- EL LIBRO blanco de las aguas subterráneas*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid. 135 pp.
- PANKOW, J. F. (1991). *Aquatic chemistry concepts*. Lewis. Boca Ratón. Florida.
- VRBA, J. & ROMIJN, E. (1986). *Impact of agricultural activities on Groundwater*. Heinz Heise. Hannover. 332 pp.

## INGENIERÍA GEOLÓGICA APLICADA (161)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. La Ingeniería Geológica. Definiciones. Relaciones con la Geología y la Ingeniería. Objetivos. Aplicaciones.
2. Composición de los suelos. Mineralogía de arcillas de aplicación geotécnica. Fábrica. El agua en el suelo y físico-química de arcillas.
3. Propiedades físicas de los suelos. Clasificación y propiedades. Identificación y descripción de suelos. Historia geológica de sedimentos. Compactación, consolidación y diagénesis.
4. El concepto de la tensión efectiva. La resistencia al corte de los suelos.
5. La compresibilidad de los suelos. El ensayo edométrico. Flujo en medios porosos. La ley de Darcy. Coeficiente de permeabilidad. Redes de flujo. Sifonamiento. Licuefacción de suelos.
6. Influencias geológicas en el comportamiento geotécnico de los suelos. Formaciones geológicas de comportamiento geotécnico complejo. Suelos expansivos, colapsables, agresivos, susceptibles, orgánicos, tropicales y volcánicos.
7. El medio rocoso. Composición y clasificación geotécnica de las rocas. Historia geológica y estado tensional de las rocas. Concentración y distribución de tensiones de las rocas.
8. Propiedades físicas de las rocas. Factores geológicos de incidencia geomecánica. Meteorización, alteración, mineralogía, textura, cementación, diagénesis, disolución e intercalaciones.
9. Clasificaciones geomecánicas de las rocas.
10. Resistencia de las rocas y criterios de rotura. Superficies de debilidad. Resistencia en diaclasas.

11. Deformabilidad de las rocas. Comportamiento elástico e inelástico. Ensayos de deformabilidad. La influencia del tiempo en la deformabilidad de las rocas.
12. Reconocimiento e investigación in situ del terreno. Significación y metodología. Objetivos y fases de investigación. Sistemática y planificación de las investigaciones in situ.
13. Estudio de macizos rocosos. Obtención de datos y estudio de afloramientos. Tratamiento de discontinuidades. Interpretación. Aplicaciones.
14. Sondeos. Procedimientos de perforación. Excavaciones. Testificación geotécnica de sondeos y descripción de muestras. Orientación de testigos. Muestreo. Perturbaciones en las muestras. Métodos de extracción de muestras. Ensayos en sondeos. Ensayo SPT. Ensayo de molinete. Presiómetros. Ensayos de permeabilidad.
15. Ensayos autónomos. Penetración estática y dinámica. Presiómetro autopercutor. Ensayos de carga y de corte.
16. Instrumentación geotécnica. Objetivos y tipo de medidas. Determinaciones de tensiones in situ y tensiones inducidas. Medición de deformaciones. Medición de presiones intersticiales.
17. Presentación de datos geotécnicos. Mapas geotécnicos. Tratamiento de datos. Representatividad de datos. Selección de parámetros geotécnicos.
18. Cimentaciones. Conceptos básicos. Tipos de cimentaciones. Capacidad portante y asentamientos. Evaluación de cimentaciones en suelos.
19. Compactación de suelos. Terraplenes, pedraplenes. Materiales de construcción. Áridos. Utilización y clasificación de materiales.
20. Tratamientos de mejora del terreno. Objetivos y métodos. Estabilización mecánica. Impermeabilizaciones.
21. Estabilidad de taludes en suelos. Clasificación de masas inestables. Equilibrio límite y métodos de análisis de estabilidad de taludes.
22. Investigación de deslizamientos. Corrección y estabilización de laderas. Taludes en zonas sísmicas.
23. Estabilidad de taludes en rocas. Problemas básicos. Tipos de rotura en taludes rocosos. Análisis de estabilidad de taludes.
24. Investigación para el diseño de excavaciones superficiales. Cortas mineras. Medidas de estabilización de taludes en rocas.
25. Tipos de presas y elementos básicos de las mismas. Estanqueidad de embalses. Selección de emplazamientos para cerradas.

26. Cimentaciones de presas. Influencia de las condiciones geológicas. Investigaciones geológicas y geotécnicas. Tratamientos geotécnicos de cerradas. Presas en zonas sísmicas. Sismicidad inducida por embalses.
27. Túneles en rocas. Factores geológicos influyentes en la estabilidad de excavaciones. Clasificación de macizos rocosos. Investigaciones geológicas y geotécnicas. Sistemas de sostenimiento. Métodos de excavación.

### *Prácticas*

1. Ejercicios y problemas de mecánica de suelos y rocas.
2. Identificación de minerales de arcilla activos geotécnicamente e influencia de la fábrica. Técnicas de interpretación.
3. Ensayos de laboratorio de suelos y rocas. Identificación, resistencia y deformación. Compactación.
4. Ejercicios prácticos de clasificación geomecánica de rocas.
5. Caracterización de macizos rocosos en afloramientos.
6. Testificación geotécnica de sondeos, ensayos SPT y de permeabilidad. Penetrómetros dinámicos.
7. Ejercicios prácticos de cimentaciones.
8. Ejercicios prácticos de utilización de materiales para préstamos de carreteras y terraplenes.
9. Ejercicios prácticos de estabilidad de taludes en suelos.
10. Ejercicios prácticos de estabilidad de taludes en rocas.
11. Ejercicios prácticos de selección de cerradas.
12. Ejercicios prácticos de túneles en rocas.

### BIBLIOGRAFÍA

## NEOTECTÓNICA Y SISMOTECTÓNICA (162)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **4** (2 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Concepto y objetivos de la Neotectónica. Métodos y técnicas de estudio. Campos de aplicación de la Neotectónica. Sismotectónica: relaciones entre la tectónica reciente - actual y la actividad sísmica.

#### *II. Neotectónica*

2. Concepto de Neotectónica y límites temporales asociados. Cronología cuaternaria y técnicas de datación. Metodología interdisciplinar y técnicas de evaluación de la tectónica reciente y activa.
3. Índices y métodos geomorfológicos, marcadores de deformaciones recientes y tectónica activa. Utilización de superficies de erosión. Escarpes de falla y evolución geomorfológica de frentes de montaña bajo control tectónico.
4. Red fluvial y Neotectónica. Modelos de redes fluviales derivados de diferentes tipos de estructuras recientes y activas. Evaluación neotectónica a través de los índices del gradiente fluvial y del perfil de equilibrio.
5. Deformaciones en terrazas fluviales y marinas. Determinación de gradientes de tectónica activa y tasas de deformación a partir del estudio de terrazas deformadas por plegamientos, fracturación local y levantamientos regionales.
6. Métodos geológico-estructurales. Características de estructuras neotectónicas: fallas, diaclasas y pliegues. Criterios cinemáticos en rocas y planos de falla y reconstrucción de paleoesfuerzos. Determinación de paleoesfuerzos a partir de estructuras frágiles secundarias y menores.
7. Análisis de paleoesfuerzos. Esfuerzos neotectónicos. Procesos geodinámicos generadores de kis distintos tipos de campos de esfuerzos.

8. Mapas neotectónicos. Neotectónica regional. Neotectónica en la Placa Ibérica (cordilleras intraplaca y Cuenca del Tajo). Neotectónica de la Cordillera Bética y del litoral mediterráneo de la Península Ibérica. Neotectónica del Pirinero y de la Depresión del Ebro. Neotectónica relacionada con la actividad volcánica.

### *III. Sismotectónica*

9. Sismotectónica: sismicidad y tectónica de placas. Sismotectónica comparativa para diferentes dominios geotectónicos. Fracturación sísmica y asísmica.
10. Terremotos: fenomenología, elementos, escala y secuencia. Localización, magnitud e intensidad. Mecánica de terremotos simples, dobles y múltiples. El ciclo sísmico. Recurrencia sísmica.
11. Campos de esfuerzos tectónicos actuales en la corteza superior. Métodos para la determinación de la orientación y magnitudes de los esfuerzos. Mecanismos focales de terremotos.
12. Técnicas de investigación sismológicas y paleosismológicas. Medidas geodésicas. Métodos geofísicos. Terremotos en el registro geológico.
13. Sismotectónica y análisis de la peligrosidad sísmica. Zonación sismotectónica. Mapas sismotectónicos. Predicción sísmica: fenómenos precursores. Peligrosidad sísmica. Métodos y modelos comparativos.

### *Prácticas*

1. Indicadores geomórficos de la actividad tectónica y de paleosismicidad. Mapas de contornos estructurales de superficies de erosión deformadas.
2. Índices de gradiente fluvial. Índices de sinusoidad de frentes de montaña.
3. Terrazas fluviales y marinas aplicadas a la evaluación de intervalos de recurrencia paleosísmica.
4. Sismogramas: Localización epicentral, determinación de la magnitud. Isoitas de intensidad. Análisis geodinámico de la distribución espacial de terremotos y esfuerzos
5. Predicción sísmica: análisis de fenómenos precursores. Análisis de la peligrosidad sísmica instantánea y de larga duración.
6. Análisis paleosísmico a partir del estudio de trincheras.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACTIVE TECTONICS. (1986). National Academy Press. Washington. 266 pp.
- ALEKSANDROWSKI, E. (1985). Graphical determination of principal stress directions for slickenside lineation populations: an attempt to modify Arthaud's method. *Journ. Struct. Geol.* 7 (1): 73-82 pp.
- ANGELIER, J. et MELCHER, P. (1977) Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en Tectonique et en Seismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 19 (6): 1309-1318 pp.
- COSTA, E. J. & FLEISHER, P. J. (Ed.) (1984). *Developments and applications of geomorphology*. Springer-Verlag. Berlin. 372 pp.
- ETCHECOPAR, A. (1984). *Etude des états de contrainte en tectonique casante et simulations de déformations plastiques ,approche mathématique*. Thèse d'Etat, U.S.T.L. Montpellier. 269 pp.
- GUBBINS, D. (1990). *Seismology and plate tectonics*. Cambridge University Press. Cambridge. 339 pp.
- HANCOCK, P. (1994). *Continental deformation*. Pergamon Press. Oxford. 421 pp.
- MCALPIN J. P. (Ed.) (1996). *Paleoseismology*. Academic Press. 588 pp.
- MORISAWA, M. & HACK, J. T. (Eds.)(1985). *Tectonic geomorphology*. Allen & Unwin. Boston. 390 pp.
- PINTER, N. (1996). *Exercises in Active tectonics*. Prentice hall, INC. 166 pp.
- SCHOLZ, C. (1990). *Mechanics of earthquakes and faulting*. Cambridge University Press.
- VITA-FINZI, C. (1973). *Recent earth history*. MacMillan. London. 138 pp.

## PROCESOS MORFOGENÉTICOS Y RIESGOS NATURALES ASOCIADOS (163)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción: significado de proceso morfo genético, peligrosidad y riesgo. Evolución del concepto de proceso/riesgo y enfoque actual. Implicaciones de la interferencia de la actividad humana en los procesos naturales. Evaluación y valoración de riesgos.
2. Dinámica y erosión del agua en el suelo: tipos de procesos. Medida de la erosión. Ecuación universal de pérdida de suelo. Control de la erosión. Problema mundial de la erosión: la desertificación. Mapas. Erosión eólica: medida, importancia relativa, prevención.
3. Dinámica y erosión torrencial: Génesis y evolución torrentes: Procesos de formación. Aplicación del concepto de umbral. Análisis numéricos y morfométrico. El problema de las cárcavas y los badland. Medidas de conservación.
4. El sistema fluvial: conceptos geomórficos de partida. Morfología del canal. Efecto de las variables hidrológicas: Clasificación de canales por su morfología y tipo de carga, y por su estabilidad relativa. Metamorfosis de ríos. Efectos de la neo tectónica en los ríos: Modificaciones por tectónica activa.
5. La llanura de inundación y las avenidas. Significado geomorfológico e hidrológico de la llanura de inundación. Causas y tipos de avenidas. Métodos de estudio: análisis paramétrico y morfológico. Métodos hidrológicos, geológico/morfológicos e histórico. Paleohidrología. Mapas de riesgos de avenidas.
6. Prevención de avenidas: gestión integrada del medio físico y socio-económico. Regulación de la llanura de inundación. Efectos de las canalizaciones y de otras obras de corrección de cauces. Ajustes en el canal por intervención humana. Impacto geoambiental de la construcción de embalses.
7. Dinámica litoral: Fragilidad del geosistema litoral. Procesos: olas, mareas y corrientes litorales. Ciclones y maremotos. Erosión en acantilados. La playa y el balance de emisión. Sistema flecha litoral, marisma y albufera. Sistema deltáico. Dinámica de rías y estuarios.



8. Riesgos e impactos en la costa: ocupación humana del litoral. Impacto obras longitudinales. Impacto obras transversales. Conservación de playas. Efecto cambios del nivel del mar. Problemática ambiental de estuarios. Problemática ambiental de plataforma y grandes fondos oceánicos. La ley de costas.
9. Dinámica gravitacional en laderas: movimientos en masa. Mecanismos y criterios de estabilidad mecánica. Tipos de procesos. Reptación. Soliflucción y geliflucción. Desprendimientos y caídas. Vuelcos. Deslizamientos: Avalanchas. Flujos: coladas de derrubios, lodo y tierra.
10. Evaluación y prevención: factores que condicionan la estabilidad. Evaluación regional: cartografía y valoración. Parámetros hidrogeológicos y climáticos. Rasgos morfológicos. Análisis de umbrales. Modelos matriciales. Seguimiento local y auscultación. Medidas de control: hidrogeológicos, excavaciones, estructuras y otras técnicas. Sistemas de predicción.
11. Dinámica y riesgos cársticos: procesos superficiales y subterráneos en rocas solubles. Métodos de estudio: índices de denudación cárstica. Riesgos en áreas cársticas: subsidencia, colapso y problemas geotécnicos e hidrogeológicos. Otras áreas con procesos de expansividad y subsidencia inducida y halocinética.
12. Cambio climático y su incidencia geomórfica: Los métodos de datación e interpretación paleoclimática cuaternaria. El establecimiento de glaciación cenozoica. Los climas glaciares hasta 20.000 a B.P.: su análisis en series temporales, sus causas y consecuencias en la zonación climática.
13. El clima desde la última fase glacial: el Holoceno y los tiempos históricos. Revolución industrial y cambio climático. Efecto invernadero y predicción a escala histórica. Los ciclones de Milancovic y los próximos ciclos glaciares. Incidencia de variaciones marinas. Modificaciones esperables en los procesos geomórficos.

### *Prácticas*

1. Cartografía de riesgos. Análisis de mapas.
2. Dinámica y evolución fluvial y análisis de impactos en presas y canalizaciones.
3. Cartografía de áreas inundables.
4. Métodos hidrometeorológicos en la estimación de crecidas.
5. Métodos paleohidrológicos y cálculo de caudales de avenida.
6. Medidas de erosión del suelo.
7. Impacto de las construcciones en la costa.
8. Regeneración artificial de playas.
9. Cartografía de movimientos de ladera.
10. Riesgos en áreas cársticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAKER, V. R.; KOCHER, R. C. & PATTON, P. C. (Eds.) (1988). *Flood geomorphology*. John Wiley & Sons. New York. 503 pp.
- COROMINAS, J. (Ed.) (1989). *Estabilidad de taludes*. Sociedad Española de Geomorfología.
- COSTA, J. E. & BAKER, V. R. (Eds.) (1981). *Surficial geology: building with the earth*. John Wiley & Sons. New York. 498 pp.
- Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. (1993). Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid. 809 pp.
- HUDSON, N. (1982). *Conservación del suelo*. Reverté. Barcelona. 335 pp.
- IGME (1987). *Riesgos Geológicos: guía didáctica: colección de diapositivas*. IGME. Madrid. 46 pp.
- MARTÍNEZ-GOYTRE, J.; GARZÓN, M. G. y ARCHE, A. (1987). *Avenidas e inundaciones*. MOPU. Madrid. 67 pp.
- SCHUM, S. A. (1977). *The fluvial system*. John Wiley & Sons. New York. 338 pp.
- ZUIDMAN, R. A. VAN & ZUIDMAN-CANCELADO, F. I. VAN. (1978-79). *ITC Textbook of Photo-Interpretation. Vol. VII Chapter 6: Terrain analysis and classification using aerial photographs:...* International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences. Al Enschede, The Netherlands.

## REGISTRO SEDIMENTARIO Y CAMBIOS GLOBALES (164)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **3** (1,5 Teóricos + 1,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Cambio global y Sistema Climático. El Clima desde una perspectiva geológica. Climatología y Paleoclimatología. Bases del análisis paleoclimático: Métodos deductivos e inductivos. Obtención de datos paleoclimáticos a partir del registro sedimentario.
2. Cambio global y balance energético. Deducción de la ecuación del balance energético de la Tierra. La atmósfera y el efecto invernadero. Balance global de la radiación solar en la atmósfera. Cambios en el balance energético. Forzamiento radiativo del sistema climático. El agujero de ozono.
3. Transporte energético en el sistema climático. Transporte energético en la atmósfera. Circulación general atmosférica. Sistema global de vientos. Ciclonés y Anticiclones. Transporte energético en la hidrosfera. Corrientes oceánicas superficiales. Corrientes de upwelling. Corrientes oceánicas profundas: circulación termohalina. Interacción atmósfera - océano. Fenómeno de "El Niño".
4. Cambios climáticos en la historia de la Tierra. Origen y evolución de la Atmósfera. Periodos de "Greenhouse" y de "Ice-house". El Clima en el Precámbrico. El Clima en el Paleozoico y Mesozoico. El límite Cretácico - Terciario. El Clima durante el Terciario y el Cuaternario.
5. Factores astronómicos de los cambios globales. Teoría de Milankovitch. Elementos fundamentales de la órbita terrestre. Implicaciones climáticas del los ciclos orbitales. Reconocimiento de ciclos orbitales en series sedimentarias. Análisis espectral de la ciclicidad. Ciclos orbitales y Glaciaciones del Cuaternario. Ciclos orbitales en series pre-cuaternarias.
6. Cambio climático actual. Cambios climáticos históricos. Análisis crítico del cambio global actual: registro de las tendencias, métodos de estudio. Predicciones, recomendaciones y actitudes.

*Prácticas*

1. Obtención e interpretación de datos paleoclimáticos. Elaboración de una base de datos paleoclimática. Reconstrucciones paleoclimáticas para la Península Ibérica (métodos inductivos).
2. Balance energético y cambio global. Cálculo del balance energético de la Tierra, Venus y Marte.
3. Circulación general atmosférica. Reconstrucciones para distintos tiempos geológicos.
4. Circulación oceánica: Corrientes superficiales y de upwelling. Reconstrucciones para distintos tiempos geológicos.
5. Análisis de los cambios climáticos a partir de series sedimentarias. Ciclos de Milankovitch.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARRON, E. J. & MOORE G. T. (1994). *Climate model application in paleoenvironmental analysis*. SEPM Short Course 33, 339 pp.
- CROWLEY, T. J. & NORTH, G. R. (1991). *Paleoclimatology*. Oxford University Press.
- EINSELE, G.; RICKEN, G. & SEILACHER, A. (Eds.) (1991). *Cycles and events in stratigraphy*. Springer - Verlag. Berlín. 955 pp.
- GRAEDEL, T. E. & CRUTZEN, P. J. (1993). *Atmospheric change: an Earth system perspective*. Freeman & Co. Nueva York. 446 pp.
- GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (1990): El Cambio Climático. Evaluación Científica del IPCC, Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 397 p.
- GURNEY, R. J.; FOSTER, J. L. & PARKINSON, C. L. (1993). *Atlas of Satellite observations related to global change*. Cambridge University Press. 470 pp.
- HENDERSON-SELLERS, A. & ROBINSON, P. J. (1986). *Contemporary paleoclimatology*. Longman. Londres. 439 pp.
- HOUGHTON, J. (1994). *Global warming: The complete briefing*. Lion Publ. Oxford, 192 pp.
- HUGGET, R. J. (1991). *Climate, Earth Processes and Earth History*. Springer verlag. Berlin. 281 pp.
- IMBRIE, J. & IMBRIE, J. Z. (1979). *Ice ages, solving the mystery*. Harvard University Press. Cambridge.
- KEMP D. D. (1994). *Global environmental issues. A climatological approach*. 2nd Edition, Routledge. London. 224 pp.

## RIESGOS NATURALES EN SISTEMAS SEDIMENTARIOS (165)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **3** (1,5 Teóricos + 1,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción y conceptos generales.
2. Métodos de estudio. Fotointerpretación e imágenes de satélite. Análisis cartográfico. Métodos arqueológicos y estudios históricos. El registro sedimentario.
3. Factores globales y regionales. Tectónica, clima, procesos de la atmósfera y la hidrosfera, disolución, acción biogénica.
4. Sistemas erosivos.
5. Sistemas de depósito.
6. Modificaciones antrópicas de los sistemas sedimentarios.
7. Repercusiones biológicas y sociales de la acción de los procesos naturales. Predicción y conservación. Conclusiones.

### *Prácticas*

1. Análisis y evaluación de casos concretos de riesgos fluviales y costeros empleando diferente documentación.
2. Seminarios / debate sobre casos reales a cargo de especialistas.
3. Elaboración y exposición de trabajos bibliográficos.

### BIBLIOGRAFÍA

- BOLT, B. A. *et al.* (1975). *Geological hazards: earthquakes tsunamis, volcanoes avalanches, landslides, floods*. Springer-Verlag. Berlin. 328 pp.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (1988). *Riesgos geológicos:...* Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 333 pp.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (1987). *Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 91 pp.
- LUNDGREN, L. (1986). *Environmental geology*. Prentice Hall. New Jersey. 576 pp.
- MCCALL, G. J. H.; LAMING, D. J. C. & SCOTT, S. C. (Eds.) (1992). *Geohazards: natural and man-made*. Chapman & Hall. London. 227 pp.

## RIESGO VOLCÁNICO (166)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Hidrogeología, Ingeniería Geológica y Geología Medioambiental (HIG)**

*Créditos:* **3** (1,5 Teóricos + 1,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción. Planteamientos generales. El riesgo volcánico a lo largo de la historia y en el registro geológico.
2. Peligrosidad del fenómeno volcánico: agentes volcánicos, peligrosidad y daños ocasionados.
3. Identificación y evaluación del riesgo volcánico. Mapas de riesgos.
4. Vigilancia y predicción en áreas volcánicas activas. Sistemas de vigilancia y seguimiento.
5. Medidas de protección y planificación territorial en áreas volcánicas. Relaciones entre científicos, autoridades y sociedad.
6. Riesgo volcánico en España.

### *Prácticas*

1. Realización e interpretación de mapas de riesgo volcánico.
2. Mapas de riesgo de coladas.
3. Mapas de riesgo de piroclasto de caída.
4. Mapas de riesgo de coladas piroclásticas.
5. Mapas de riesgo de lahares y avalanchas de origen volcánico.

### BIBLIOGRAFÍA

- ANCOCHEA, E. y HERNAN, F. (1981). Riesgo volcánico. En: *Geología y medio ambiente*. Ceotma. Madrid. 269-292 pp.
- ARAÑA, V. y ORTIZ, R. (1984). *Volcanología*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 510 pp.
- BARBERI, F. & GASPARINI, P. (1976). Volcanic hazards. *Eng. Geol. Bull*, 217-232 pp.
- CHESTER, D. (1993). *Volcanoes and Society*. Edward Arnold. London, 351 pp.
- SHEETS, P.D. & GRAYSON, D. K. (Eds.) (1979). *Volcanic activity and human ecology*. Academic Press. New York. 644 pp.
- TAZIEFF, H. et DERRUAU, M. (1990). *Le volcanisme et sa prévention*. Masson. París. 256 pp.

## CARTOGRAFÍA ESTRUCTURAL (167)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **4** (4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Objetivos de la asignatura. Planificación de un trabajo de cartografía estructural.
2. Cartografía de las Estructuras geológicas. Diferentes metodologías para la obtención, tratamiento y representación de datos estructurales. Realización de la síntesis de un trabajo cartográfico.
3. Asociaciones de las estructuras geológicas en: áreas de Plataforma o zonas Tabulares; áreas de cinturones de Pliegues y fallas y áreas dentro del dominio de la Esquistosidad. Estructuras características de cada una de ellas

#### *II. Cartografía en áreas de plataforma*

4. Planificación para la realización de una cartografía estructural en áreas poco deformadas ; elección de la escala o escalas oportunas; utilización de diferentes imágenes aéreas. Realización de inventarios de las estructuras tectónicas, inventario de estaciones. Mapas de trayectorias de: deformación y esfuerzos.

#### *III. Cartografía en áreas de cinturones de pliegues y cabalgamientos*

5. Planteamiento para la realización de la cartografía de las zonas caracterizadas fundamentalmente por haces de pliegues y fallas (cabalgamientos, desgarres y fallas normales: zonas externas). Elección de las escalas oportunas para su representación cartográfica; mapas estructurales específicos. Estructuras características presentes, realización de un inventario de estaciones. Mapas de trayectorias de la deformación y de los esfuerzos.

#### IV. Cartografía en áreas con esquistosidad

6. Planteamiento para la realización de la cartografía de las zonas caracterizadas fundamentalmente por la presencia, a escala regional, de la Esquistosidad s.l. (zonas internas). Estructuras características, realización de un inventario de estructuras por estación y de estaciones. Muestra orientadas. Metodologías para la cuantificación de la deformación. Elección de las escalas oportunas para su representación cartográfica; mapas estructurales específicos (mapas de esquistosidades y mapas de lineaciones). Mapas de trayectorias de la deformación y de los esfuerzos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALSOP, G. I.; BLUNDELL, D. J. & DAVISON, Y. (Eds.). (1995). *Salt Tectonics*. Geological Society Especial Publication, 88. London.
- BUCHANAN, J. G. & BUCHANAN, P. G. (Eds.) (1996). *Basin Inversión*. Geological Special Publication, 100. London.
- DEBELMAS, J. et MASCLE, G. (1994). *Les Grandes Structures Géologiques*. Masson.
- HANCOCK, P. L. (Ed.) (1994). *Continental Deformation*. Pergamon Press.
- MARSHACK, S., & MITRA, G. (1988). *Basic Methods of Structural Geology*. Prentice Hall. Engwood Cliffs.
- MCCLAY, K. R. (1987). *The Mapping of Geological Structures*. Geological Society of London. John Wiley & Sons.
- MCCLAY, K. R. (1992). *Thrust Tectonics*. Chapman & Hall.
- ORRODAILE, G. J.; BAYLY M. B. & POWELL C. MCA. (1982). *Atlas Deformational and Metmorphic Rock Fabrics*. Springer-Verlang. Berlín.
- RAMSAY, J. G. & HUBER MARTIN, Y. (1983). *The Techniques of Modern Structural Geology*. Academic Press. London.
- WISS, R. J. & MOORES, E. M. (1992). *Structural Geology*. Freeman & Company.



## CUENCAS Y CORDILLERAS ALPINAS (168)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:*

### CONTENIDOS

#### *I. El marco general*

1. El Ciclo alpino y su distribución temporal; el dominio alpino y su distribución regional.
2. La constitución geológica alpina de Europa y del ámbito del Mediterráneo.

#### *II. Cuencas alpinas sobre la placa europea*

3. La Cuenca de París y la cobertera meso-cenozoica de las Islas Británicas.
4. La Cuenca del Mar del Norte, la Plataforma nor-alemana y la Cuenca Danesa.
5. La Cuenca sur-alemana, el Jura, la Provenza y la Cuenca de Aquitania.

#### *III. Cordilleras alpinas europeas*

8. Los Alpes.
9. Los Apeninos y las islas del Mediterráneo occidental.
10. Cárpatos, Dinárides y la Cuenca Paniónica.
11. Las Helénides y el Mediterráneo oriental.

#### *IV. Cuencas y cordilleras alpinas del mundo*

12. El Rift, el Atlas y las Kabylías. Plataformas y cuencas africanas.
13. Las Rocosas. Cuencas y plataformas norteamericanas.
14. Los Andes. Cuencas y plataformas sudamericanas.
15. El Himalaya y la fachada al Pacífico de Asia.

### Prácticas

1. Reconocimiento y análisis de mapas geológicos.
2. Elaboración de cortes geológicos sintéticos.
3. Construcción de esquemas regionales de síntesis.
4. Elaboración de un globo-mundi del Dominio Alpino.

### BIBLIOGRAFÍA

- AUBOUIN, J. (coord.) (1980). *Géologie des pays européens: Espagne, Grèce, Italie, Portugal, Yougoslavie*. Dunod. París. 393 pp.
- AUBOUIN, J.; DEBELMAS, J. et LATREILLE, M. (1980): *Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys*. *Mem. B.R.G.M.* 115. 355 pp
- CHOUBERT, G.; FAURE-MURET, A. et CHANTREAUX, P. (1976): *Atlas géologique du Monde*. Com. Cart. Geol. Monde. UNESCO. París.
- GAERTNER, R. V. & WALTHER, H. W. (coord.) (1971). *International geological map of Europe and the Mediterranean region 1/5.000.000*. Bundesanstalt für Bodenforschung. Hannover.

## GEOLOGÍA DE CADENAS Y MACIZOS ANTIGUOS (169)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Las grandes unidades geológicas de Europa, Norteamérica, África del N y Sudamérica.
2. La Península Ibérica. El zócalo prealpino y su relación con el de las áreas cratónicas circundantes.

#### *II. Geología regional de las cadenas y macizos antiguos perinoratlánticos*

3. La Pangea finicarbonífera: áreas cratónicas y zonas móviles. Los escudos, las plataformas y las cadenas plegadas marginales e interiores.

#### *III. Los Cratones Laurásicos occidentales y sus plataformas*

4. El Escudo Canadiense, la Plataforma Central y la de Los Llanos.
5. El Escudo Báltico, el Escudo Ucraniano y la Plataforma Rusa.

#### *IV. Los Cratones Gondwánicos noroccidentales y sus plataformas*

6. El Ensamblaje Sudamericano: escudos, macizos y cuencas interiores y marginales.
7. El Escudo Guayanés, la Plataforma de Roraima y las cuencas circundantes.
8. El Escudo Brasileño y las cuencas Amazónica, de Parnaíba y del Paraná.
9. El Macizo Pampeano y las cuencas Precordillerana y del Chaco.
10. El Ensamblaje Norteafricano: el Escudo Oeste Africano y la Plataforma Sahariana.
11. El Escudo Nubio-Arábigo.

*V. Las Cadenas Intralaurásicas*

12. La Cadena Caledónica en Norteamérica y Groenlandia.
13. Los Caledónides en Irlanda y Escocia. El País de Gales y la plataforma N inglesa.
14. Los Caledónides escandinavos.

*VI. Las Cadenas Intragondwánicas*

15. La Cadena Panafricano-Brasiliana y su reactivación cratónica asociada: los macizos del Hoggar y de Tibesti.

*VII. La Sutura Hercínica de la Pangea noroccidental*

16. La Cadena Hercínica. Características generales y zonación. Las plataformas perihercínicas y las cuencas intracratónicas.
17. Los Hercínides Cordilleranos.
18. Los Apalaches: sectores meridional y septentrional. Terranova: el problema de la plataforma de Avalón y sus relaciones con Europa.
19. Los Mauritánides: antecedentes panafricanos y relación con la Cadena Apalachiana.
20. Los Hercínides Norafricanos: las Mesetas marroquí y marroco-oranesa, el zócalo atlásico, el Anti-Atlas, la cadena de Ougarta y las cuencas del Sahara central y occidental.
21. Los Hercínides Europeos meridionales: el Macizo Hespérico, la Zona Axial pirenaica, los Catalánides, la Montaña Negra, el Macizo Central francés y los Bloques de Provenza y Corso-Sardo.
22. Los Hercínides Europeos septentrionales: S de Irlanda y Cornualles, Macizo de las Ardenas, Macizo esquistoso renano, el Harz, Macizo Armoricano, Vosgos-Selva Negra, Macizo de Bohemia y Bloques de Silesia y Lysa Gora.
23. La Cadena de Los Urales.
24. Núcleos hercínicos de las Cadenas Alpinas circunmediterráneas.

## Prácticas

### Prácticas de gabinete

Realización dirigida y asesorada por el profesor, de una síntesis, a partir de información cartográfica y bibliográfica seleccionada, de las características y evolución sedimentaria, estructural y metamórfico-magmática, de una o varias de las áreas que figuran en el temario de la asignatura.

1. Selección del tema, área y escala del trabajo. Estudio de la cartografía general disponible a diferentes escalas. Esquema preliminar.
2. Identificación y delimitación de problemas. Elaboración de un índice provisional.
3. Búsqueda y estudio de la bibliografía. Selección en función del tema, área y escala del trabajo. Adecuación al índice: modificaciones.
4. Sistematización de la información: cruce de datos. Índice definitivo.
5. Selección de datos. Síntesis provisional y borrador de texto.
6. Síntesis final. Selección de gráficos y cuadros. Listado bibliográfico.
7. Texto definitivo. Presentación.

## BIBLIOGRAFÍA

- BESSELES, B. (1977). Géologie de l'Afrique, craton ouest-africain. *Mem. B.R.G.M.* n° 88
- BESSELES, B. et SLANSKY, M. (1980). Géologie de l'Afrique, la chaîne panafricaine: zone mobile d'Afrique centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise. *Mem. B.R.G.M.* n° 92
- BONAPARTE, J. F.; TOSELLI, A. y ACEÑOLAZA, F. G. (Eds.) (1988). *Geología de América del Sur*. Vol. I. Univ. Nac. Tucumán. Tucumán.
- COGNE, J. & SLANSKY, M. (Coord.) (1980). Geology of Europe: from precambrian to post-Hercynian sedimentary basins. *Mem. B.R.G.M.*, 108
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C.; SAAVEDRA, J. y RÁBANO, I. (Eds.) (1992). *Paleozoico inferior de Iberoamérica*. Junta de Extremadura. Mérida. 630 pp.
- HAMOUMI, N. (coord.) (1994). *Guidebook: excursion à travers la meseta côtière, le Haut-Atlas central & l'Anti-Atlas central e oriental*. Univ. Rabat. Rabat.
- READ, H. H. & WATSON, J. (1985). *Introduction to geology. II: Earth history*. Macmillan. Houndmills. 2 vols.
- SEYFERT, C. K. & SIRKIN, L. A. (1979). *Earth history and plate tectonics: an introduction to historical geology*. Harper & Row. New York. 600 pp.
- WINDLEY, B. F. (1995). *The evolving continents*. 3rd. ed. John Wiley & Sons. Chichester. 515 pp.
- ZIEGLER, P. A. (1990). *Geological atlas of western and central Europe*. 2nd ed. Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V. The Hague. 239 pp.

## GEOLOGÍA DE CUERPOS INTRUSIVOS (170)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Estructuras y mecanismos de emplazamiento de los cuerpos plutónicos*

1. Fábricas ígneas o primarias. Marcadores y tipos de elementos de estructuras planares y lineares. Significado de las mismas. Fábrica tectónica o secundaria. Marcadores y elementos estructurales en los materiales encajantes y en el cuerpo intrusivo. Zonas de cizalla en régimen dúctil y dúctil-frágil. Problemática en la discriminación entre fábricas ígneas y deformacionales. Tipos de contacto resultantes.
2. Mecanismos de ascenso y emplazamiento. Factores que controlan el ascenso de magma. Determinación de la profundidad de emplazamiento. Modelos de mecanismos de emplazamiento. Plutones concordantes: diapirismo, ballooning y/o emplazamiento en zonas de cizalla extensionales. Plutones discordantes: propagación de fracturas y control intrusivo. Interrelación entre los diferentes tipos de mecanismos. La tectónica global y los mecanismos de emplazamiento.

#### *II. Características de las grandes unidades plutónicas*

3. La consolidación del fundido granítico. Aspectos texturales significativos en la génesis de rocas graníticas. El papel de la fase fluida en la génesis de pegmatitas, en las transformaciones hidrotermales y en las mineralizaciones.
4. Asociaciones graníticas. Características mineralógicas y químicas que definen las series graníticas. Contexto geológico diferenciador.
5. Aspectos geoquímicos de interés en la génesis de rocas graníticas. El sistema granítico y tipos de anatexia cortical. Mecanismos involucrados en la génesis de fundidos graníticos. Diferenciación y zonación composicional. Inmiscibilidad, miscibilidad: precursores series gabro-dioríticas y serie appinítica.
6. Características composicionales y genéticas de asociaciones graníticas en los diferentes ámbitos geotectónicos. Ejemplos representativos de las asociaciones graníticas hercínicas de Iberia.

*Prácticas*

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, J. L. (Ed.) (1990). *The nature and origin of cordilleran magmatism*. Geological Society of America. Boulder. Colorado. 414 pp.
- ATHERTON, M. P. & TARNEY, J. (Eds.) (1981). *Origin of the granite batholiths: geochemical evidence*. Shiva. Natwich. Chechire. 148 pp.
- BEA, F. (Ed.) (1987). *Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*. Rueda. Madrid. 542 pp.
- CLARKE, D. B. (1992). *Granitoid rocks*. Chapman & Hall. London. 283 pp.
- DIDIER, J. & BERBARIN, B. (Eds.) (1991). *Enclaves and granite petrology*. Elsevier. Amsterdam. 625 pp.
- MARRE, J. (1984). *Méthodes d'analyse structurale des granitoides*. BRGM. Orleans. 128 pp.
- PITCHER, W. S. (1993). *The nature and origin of granite*. Blackie. London. 321 pp.

## GEOLOGÍA ESTRUCTURAL II (171)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Análisis de la deformación interna de las rocas: desplazamiento. Cambio en longitud de líneas y en ángulos. Elipse de deformación. Ecuaciones de la deformación bidimensional homogénea. Distorsión y rotación. Deformación heterogénea: cizalla simple. Medida práctica de la deformación interna. Elipsoide de deformación. Desplazamiento y deformación progresivos.
2. Análisis de pliegues: morfología y elementos de pliegues. Clasificación de pliegues según geometría de varias superficies. Métodos objetivos de reconstrucción en profundidad a partir de datos de superficie. Mecánica de pliegues en una capa. Cambios progresivos de geometría. Multicapas. Integración de estructuras menores y expresión cartográfica de pliegues. Superposición de pliegues.
3. Análisis de estructuras menores dúctiles y fábrica de las rocas deformadas: análisis de la esquistosidad. Esquistosidad y estructuras mayores. Relación entre esquistosidad y deformación interna. La fábrica dúctil de las rocas. Análisis práctico de la fábrica tectónica. Lineaciones: tipos y origen. Relaciones con las estructuras mayores. Boudinage: geometría e interpretación.
4. Análisis de la cizalla dúctil: cizalla dúctil y cizalla frágil-dúctil. Deformación interna: desplazamiento y rotación en zonas de cizalla. Planos S y planos C. Evolución de las fábricas de cizalla. Métodos de medida del desplazamiento. Criterios de sentido de movimiento.
5. Análisis de la tectónica frágil: reconocimiento y análisis de estructuras menores en fallas frágiles. Sistemas de fracturas secundarias en fallas. Cálculo del deslizamiento mediante aplicación combinada de cartografía, sistemas de proyección y estructuras menores. Análisis poblacional de fallas. Juntas estilolíticas y venas. Métodos de análisis de sistemas de diaclasas.



### Prácticas

1. Problemas de medida de la deformación interna de las rocas a partir de diversos tipos de objetos deformados.
2. Problemas de deformación progresiva a partir de fibras.
3. Problemas de análisis geométrico de pliegues.
4. Ejercicios de determinación e interpretación de tectofábrica microscópica en rocas con deformación dúctil.
5. Análisis en lámina delgada de las relaciones texturales debida a deformación.
6. Ejercicios de análisis poblacional de fallas.
7. Ejercicios de tratamiento estadístico e interpretación de diaclasas.
8. Ejercicios de síntesis e interpretación de asociaciones estructurales.

### BIBLIOGRAFÍA

- HOBBS, B. E.; MEANS, W. D. & WILLIAMS, P. F. (1976). *An outline of structural geology*. John Wiley & Sons. New York. 571 pp.
- NICOLÁS, A. (1987) *Principios de tectónica*. Masson. Barcelona. 185 pp.
- PASSCHIER, C. W.; MYERS, J. S. & KRONER, A. (1990). *Field geology of high-grade gneiss terrains*. Springer-Verlag. Berlin. 150 pp.
- PRINCE, N. J. & COSGROVE, J. W. (1994). *Analysis of geological structures*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 502 pp.
- RAMSAY, J. G. (1967). *Folding and fracturing of rocks*. McGraw-Hill. New York. 568 pp.
- RAMSAY, J. G. & HUBERT, M. I. (1987). *The techniques of modern structural geology. I: Strain Analysis*. Academic Press. London. 307 pp.
- RAMSAY, J. G. & HUBERT, M. I. (1987). *The techniques of modern structural geology. II: Folds and Fractures*. Academic Press. London. 309-700 pp.
- SUPPE, J. (1985). *Principles of structural geology*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. 537 pp.
- WENK, H.R. (Ed). (1985). *Preferred orientation in deformed metals and rocks: an introduction to modern texture analysis*. Academic Press. Orlando. 610 pp.

## MECÁNICA DE ROCAS (172)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **5** (3 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Geodinámica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Concepto y objetivos de la mecánica de rocas. Ámbito y relación de la mecánica de rocas con las Ciencias Geológicas y procesos geodinámicos afines. Consideraciones sobre la evolución y el estado actual de la mecánica de rocas.

#### *II. Teoría del esfuerzo*

2. Fuerzas y esfuerzo. Terminología y signos del esfuerzo. Análisis del esfuerzo en dos dimensiones. Estado de esfuerzo sobre una superficie interna de un prisma sometido a compresión biaxial. Ejes principales de esfuerzo.
3. El círculo de Mohr para esfuerzos en dos dimensiones. Diagramas de Mohr de los estados de esfuerzos homogéneos en condiciones naturales y experimentales. La elipse de esfuerzo.
4. Análisis de esfuerzo en tres dimensiones. Invariantes de esfuerzos. Magnitud y orientación de los principales esfuerzos. Planos de máximo esfuerzo de cizallamiento. El elipsoide de esfuerzo.
5. Esfuerzos hidrostático y desviatorio. Esfuerzo diferencial. Ecuaciones de equilibrio. Campo y trayectorias de esfuerzos. Historia de esfuerzos.
6. Estado de esfuerzos en la corteza. Esfuerzos gravitacionales. Presión de fluidos y esfuerzos efectivos. Esfuerzos tectónicos. Esfuerzos derivados de variaciones térmicas en las rocas. Esfuerzos residuales. Esfuerzos inducidos. Métodos de determinación de esfuerzos.

#### *III. Elasticidad*

7. Principios básicos de la teoría de la elasticidad. Elasticidad lineal. Ley de Hooke. Parámetros elásticos. Esfuerzo y deformación uniaxiales para cuer-

pos elásticos e isótropos. Teoría de la elasticidad aplicada a las flexuras, y a las deformaciones de la litosfera y sus implicaciones en el desarrollo de cuencas.

8. Deformación elástica y fracturación experimental de las rocas: criterios de deslizamiento friccional y de fracturación. Teoría de Mohr para fractura y resistencia al cizallamiento. Criterio Navier-Coulomb para fractura frágil. Criterio de fractura de Coulomb en términos de los esfuerzos principales. Teoría de propagación de fracturas.
9. Los parámetros de la corteza terrestre y sus efectos en la fracturación y en el deslizamiento friccional. Ensayos triaxiales de esfuerzo-deformación simulando presiones y temperaturas para distintos niveles de la corteza. La transición del comportamiento frágil a dúctil bajo la influencia de la presión intersticial, presión de confinamiento y temperatura. Extrapolación a condiciones geológicas. Rocas de falla y mecanismos de deformación.

#### *IV. Reología*

10. Comportamiento de las rocas en términos de modelos reológicos. Plasticidad. Viscosidad. Ensayos de fluencia. Efectos de la temperatura y el tiempo en la resistencia de las rocas.
11. Aplicación de la reología experimental a la deformación natural. Reología y mecanismos de intrusión. Emplazamiento de diapiros salinos. Reología de la litosfera. Control reológico de superficies de detachment bajo regímenes extensional y compresional.
12. Mecanismos de deformación dúctil a escala microscópica y submicroscópica: mecanismos de deformación a baja temperatura: cataclasis y disolución por presión. Mecanismos asociados a procesos de fluencia. Mapas de deformación de Ashby.

#### *V. Mecánica de Rocas aplicada a la Sismotectónica*

13. Fracturación sísmica y procesos asociados: dilatancia y dinámica de fluidos en la fracturación sísmica. Criterios de predicción sísmica derivados de procesos vinculados a la fracturación.

#### *VI. Mecánica de Rocas aplicada a la Ingeniería Geológica*

14. Métodos de estudio. Reconocimiento en el terreno mediante sondeos y ensayos in situ. Ensayos de laboratorio. Estudios geológicos y de la mecánica de rocas con fines al análisis de la estabilidad de taludes en macizos rocosos.

### Prácticas

1. El círculo de Mohr. Su aplicación para la determinación del esfuerzo de cizallamiento y el esfuerzo normal que actúan sobre un plano de fractura. Determinación de los valores de los esfuerzos principales y orientación de los ejes principales de esfuerzos.
2. Estado de esfuerzos en la corteza. Estimación de esfuerzos iniciales y su aplicación a la reactivación de fallas activas. Esfuerzos iniciales e ingeniería geológica. Valores extremos de esfuerzos horizontales bajo condiciones de fallas normales y fallas inversas.
3. Deformabilidad y resistencia de rocas a partir de ensayos de compresión uniaxial y triaxial. Determinación de parámetros elásticos. Fracturación experimental de las rocas. Aplicación a la mecánica de cabalgamientos.
4. Aplicación de la reología experimental a la interpretación de las estructuras de deformación de la corteza-litosfera.
5. Mecánica de rocas e Ingeniería Geológica. Análisis de la estabilidad de taludes. Deslizamientos de bloques y cuñas.

### BIBLIOGRAFÍA

- BRADY, B. H. G. & BROWN, E. T. (1985). *Rock Mechanics for Underground Mining*. G. Allen & Unwin.
- GOODMAN, R. E. (1980). *Introduction to Rock Mechanics*. John Wiley & Sons.
- JAEGER, J. C. (1974). *Elasticity, fracture and flow: with engineering and geological applications*. Methuen. London. 263 pp.
- JAEGER, J. C. (1972). *Rock mechanics and engineering*. Cambridge University Press. Cambridge.
- JAEGER, J. C. & COOK, N. G. (1969). *Fundamentals of rocks mechanics*. Methuen. London. 513 pp.
- MEANS, W. D. (1976). *Stress and strain: basic concepts of continuum mechanics for geologist*. Springer-Verlag. New York. 339 pp.
- MIDDLETON, C. & WILCOCK, P. (1994). *Mechanics in the Earth and environmental sciences*. Cambridge.
- PATERSON, M. S. (1978). *Experimental rock deformation: the brittle fields*. Springer-Verlag. Berlin. 254 pp.
- PRICE, N. J. (1975). *Fault and joint development in brittle and semi-brittle rocks*. Pergamon Press. Oxford. 176 pp.
- PRICE, N. J. & COSGROVE, J. W. (1994). *Analisis of geological structures*. Cambridge University Press. Cambridge. 502 pp.
- RAMSAY, J. G. (1977). *Plegamiento y fracturación de rocas*. Blume. Madrid. 590 pp.
- STAGG-ZIENKIEWICZ (1970). *Mecánica de rocas en la ingeniería práctica*. Blume. Madrid. 398 pp.
- SUPPE, J. (1985). *Principles of structural geology*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. 537 pp.
- THOFT-CHRISTENSEN, P. (1974). *Continuum mechanics aspects of geodynamics and rocks fracture mechanics*. D. Reidel. Dordrecht-Holland. 273 pp.
- TURCOTTE, D. & SCHUBERT, G. (1982). *Geodynamics: applications of continuum physics to geological problems*. John Wiley & Sons. New York. 450 pp.

## METAMORFISMO (173)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **9** (3 Teóricos + 6 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Trayectorias  $P, T, t$ . Trayectorias  $P, T, t$  y gradiente metamórfico de campo. El concepto de relajación termal en conjuntos apilados. Influencia del levantamiento y de la erosión. Tipos de trayectorias y su interpretación geodinámica. Evolución metamórfica de regiones complejas con múltiples láminas alóctonas. Trayectorias originadas por extensión post - colisional.
2. Mineraloquímica de fases metamórficas. Características composicionales de los minerales metamórficos. Evolución composicional durante el metamorfismo de los minerales principales de metapelitas, rocas cuarzofeldespáticas y metabasitas.
3. Interpretación del zonado de los minerales metamórficos. Modelos para el desarrollo del zonado. Zonado de crecimiento continuo y discontinuo. Zonado por difusión. Inclusiones en minerales con zonado de crecimiento.
4. Geotermobarometría. Fundamentos teóricos de la termobarometría. Termobarometría de intercambio y de exolución. Barometría de reacciones sólido- sólido. Significado de las estimaciones  $P-T$  y determinaciones de trayectorias  $P, T, t$ .
5. Metamorfismo de alta presión. Eclogitas y esquistos azules. Granulitas básicas de alta presión. Metapelitas, cuarzofeldespáticas y carbonatadas en altas y ultra - altas presiones. Revisión de los problemas relacionados con el metamorfismo eclogítico. Modelos para el ascenso de las litologías de alta presión.

### Prácticas

1. Introducción y características generales de las metapelitas. Rocas pelíticas en un esquema zonal barroviense.
2. Rocas pelíticas en altas temperaturas y evolución general a bajas presiones.
3. Redes petrogenéticas para metapelitas. Concepto de bathozonas. Principales termómetros y barómetros para pelitas.
4. Metamorfismo de rocas pelíticas en altas presiones.

5. Introducción y características generales de las metabasitas. Clasificación en facies y mineralogía de las metabasitas en las diferentes facies.
6. Metabasitas en altas presiones (I): eclogitas.
7. Metabasitas en altas temperaturas: facies de las granulitas.
8. Rocas básicas en bajos grados (facies de las ceolitas y de la prehnita - pumpelliita) y en regímenes barrovienses (facies de los esquistos verdes y de las anfibolitas). Variaciones a bajas presiones.
9. Metamorfismo hidrotermal de rocas básicas.
10. Metabasitas en altas presiones (II): facies de los esquistos azules.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BARKER, A. J. (1990). *Introduction to metamorphic textures and microstructures*. Blackie. Glasgow. 162 pp.
- BUCHER, K. & FREY, M. (1994). *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 6th Ed. Springer Verlag. Berlín. 318 pp.
- FERRY, J. M. (Ed.) (1982). *Characterization of metamorphism through mineral equilibria*. Mineralogical Society of America. Washington. 397 pp.
- MIYASHIRO, A. (1994). *Metamorphic petrology*. UCL Press. London. 404 pp.
- PASSCHIER, C. W. & TROUW, R. A.J. (1996). *Microtectonics*. Springer Verlag. Berlín. 289 pp.
- SMITH, D. C. (Ed.) (1988). *Eclogites and eclogite facies rocks*. Elsevier. Amsterdam. 524 pp.
- SPEAR, F. S. (1993). *Metamorphic phase equilibria and pressure - temperature - time paths*. Mineralogical Society of America. Washington. 799 pp.
- WOOD, B. J. & FRASER, D. G. (1978). *Elementary thermodynamics for geologists*. Oxford University Press. Oxford. 303 pp.
- YARDLEY, B. W. D. (1991). *An introduction to metamorphic petrology*. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex. 248 pp.
- YARDLEY, B. W. D.; MACKENZIE, W.S. & GUILFORD, C. (1990). *Atlas of metamorphic rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex. 120 pp.

## TÉCNICAS INSTRUMENTALES GEOQUÍMICAS (174)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS:

1. Las Técnicas Instrumentales en el contexto de la Geoquímica y otras ciencias.
2. Los datos geoquímicos. Fuentes de datos y clases de muestras. Planteamiento del problema geoquímico y esquema de realización. Elección de las muestras y de las técnicas apropiadas. Técnicas destructivas y técnicas no destructivas. Técnicas físicas y químicas de análisis. Componentes a determinar. Elementos mayores, menores y trazas.
3. Expresión de los resultados analíticos. Muestras standard o de referencia. Standards internacionales. Preparación de soluciones patrón. Errores, precisión y exactitud de los resultados analíticos.
4. Técnicas analíticas de Vía Húmeda. Descomposición y disolución de la muestra. Muestras silicatadas, menas metálicas y minerales. Tratamiento de sedimentos y suelos. Preparación de las soluciones problema y de las soluciones patrón.
5. Técnicas Fotocolorimétricas. Fundamentos e Instrumentación.
6. Técnicas de Espectrometría de Absorción. Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). Fundamentos e Instrumentación.
7. Técnicas de Espectrometría de Emisión. Fotometría de Llama. Fundamentos e Instrumentación.
8. Técnicas de Espectrometría de Emisión con fuente de Plasma de acoplamiento inductivo (ICP): ICP-AES e ICP-Masas. Fundamentos e Instrumentación.
9. Técnicas Espectrométricas de Fluorescencia de rayos-X. Fundamentos e Instrumentación. Análisis cualitativo: interpretación de los espectrogramas. Análisis cuantitativo: elementos mayores y menores. Utilización de programas de ordenador para el cálculo de las concentraciones.
10. Otras técnicas específicas de concentración, separación y extracción. Intercambio iónico. Extracción de fases inmiscibles.
11. Técnicas de Espectrometría de masas. Fundamentos. Espectrómetros de masas de gases: horno de inducción, trampas para la purificación de gases, cuadrupolos. Espectrómetro de masas por termoionización (TIMS): soportes para las muestras, configuración de los mismos.

12. La Dilución Isotópica (D.I.). Fundamento. Producción de trazadores. Precisión y exactitud del método. Aplicaciones de la Dilución Isotópica.

### Prácticas

1. Tratamiento previo al análisis de las muestras: machacado, cuarteado, pulverizado y tamizado.
2. Entrega de taquillas y material de laboratorio para el Análisis Químico. Práctica de pesada en la balanza de precisión.
3. Disolución de la muestra para su análisis por vía húmeda. Determinación del FeO por permanganometría.
4. Disolución de la muestra para su análisis por vía húmeda (cont). Preparación de las disoluciones patrón ó standard para el análisis por fotolorimetría.
5. Análisis en el Fotolorímetro de un elemento ( $P_2O_5$ ) Preparación de las disoluciones patrón ó standard para el análisis por Fotometría de Llama.
6. Análisis en el Fotómetro de Llama de  $Na_2O$  y  $K_2O$ . Análisis por Absorción Atómica del MnO.
7. Preparación de perlas y pastillas para el análisis químico de elementos mayores y menores por FrX.
8. Análisis e interpretación de barridos de FrX para el análisis cualitativo de una muestra.
9. Análisis cuantitativo de una muestra por FrX. Utilización de programas para determinar la concentración.
10. Análisis e interpretación de un espectrograma de Ar. Utilización de programas para determinar las relaciones isotópicas y la edad de una muestra.
11. Visita al CAI de Microscopía Electrónica. Análisis mineral.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALLMAN, M. & LAWRENCE, D. F. (1972). *Geological Laboratory Techniques*. 335 pp.
- DALRYMPLE, G. B. & LANPHERE, M. A. (1969). *Potassium-Argon Dating: Principles, Techniques and Applications to Geochronology*. Ed. Freeman & Co. 258 pp.
- ESTEBAN, L. (1993). *La espectrometría de masas en imágenes*. ACK Eds. 261 pp.
- GOMES, C. B. (Coord) (1984). *Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia*. Ed. E.Blücher Ltda. GRILLOT, H.; BEGUINOT, J.; BOUCETTA, M.; ROUQUETTE, C. et SIMA, A. (1964). *Methodes d'analyse quantitative appliquées aux roches et aux prélèvements de la prospection géochimique*. 225 pp. Brasil
- HUTCHISON, CH. S. (1974). *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*.
- JOHNSON, W. M. & MAXWELL, J. A. (1981). *Rock and Mineral Analysis*
- JEFFREY, P. G. (1981). *Chemical Methods of Rock Analysis*, 379 pp.
- JEFFREY, P. G. & HUTCHISON, CH. S. (1970). *Chemical Methods of Rock Analysis*
- MAUTEN, A. A. (19). *Historical Foundations of Chemical Geology and Geochemistry*. Chem. Geology, 1.
- MAXWELL, J. A. (1968). *Rock and Mineral Analysis*, 5-31 pp.
- SMALES, A. A. & WAGER, L. R. (1960). *Methods in Geochemistry*. 464 pp.
- VOINOVITCH, I. A.; DEBRAS-GUEDON, J. & LOUVRIER, J. (1966). *The Analysis of Silicates*.
- WAINERDI, R. E. & UKEN, E. (1971). *Modern Methods of Geochemical Analysis*. 379 pp.
- ZUSSMAN, J. (1977). *Physical Methods in Determinative Mineralogy*.



## VOLCANISMO (175)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Petrología y Geología Estructural (PE)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Conceptos generales*

1. Localización espacial y distribución temporal de los procesos volcánicos.
2. Generación, ascenso y almacenamiento de magmas. Cámaras magmáticas.
3. La erupción volcánica. Factores físicos, químicos y ambientales que condicionan el mecanismo eruptivo.

#### *II. Procesos y productos volcánicos*

4. Tipología de las erupciones volcánicas subaéreas.
5. Materiales y depósitos de las erupciones subaéreas: lavas, lluvias piroclásticas, coladas piroclásticas.
6. Interacción magma-agua. Materiales y depósitos de las erupciones hidromagmáticas. Lahares.
7. Materiales y depósitos de las erupciones subacuáticas.

#### *III. El vulcanismo reciente español*

8. Evolución vulcanológica del Archipiélago canario.
9. La región volcánica del SE de España.
10. El vulcanismo intraplaca peninsular: las regiones volcánicas de Campos de Calatrava y de Gerona.

#### IV. El vulcanismo en el marco geológico

11. Las rocas volcánicas en el registro geológico. Paleovulcanismo.
12. Procesos de edificación y destrucción en zonas volcánicas.
13. Métodos específicos de estudio y trabajo en regiones volcánicas.

#### V. Impacto socio-económico del vulcanismo

14. Recursos geológicos asociados a rocas y procesos volcánicos. Energía geotérmica en áreas volcánicas.

#### Prácticas

1. Reconocimiento, caracterización y análisis de los principales tipos de rocas volcánicas en muestras de mano y al microscopio.
2. Estudio de las principales asociaciones volcánicas españolas.
3. Reconocimiento sobre el terreno de formas, estructuras y litologías volcánicas. Aplicación de metodologías específicas de trabajo sobre el terreno.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ARAÑA, V. y LÓPEZ, J. (1974). *Volcanismo: dinámica y petrología de sus productos*. Istmo. Madrid. 481 pp.
- ARAÑA V. y ORTIZ, R. (1984). *Volcanología*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas [etc.]. Madrid. 510 pp.
- BARDINTZEFF, J. M. (1992). *Volcanologie*. Masson. París. 235 pp.
- CAS, R. A. F. & WRIGHT, J. V. (1992). *Volcanic successions: modern and ancient...* Chapman & Hall. London. 528 pp.
- FISHER, R.V. & SCHMINCKE, H. V. (1984). *Pyroclastic rocks*. Springer-Verlag. Berlín. 472 pp.
- FRANCIS, P. (1993). *Volcanoes: a planetary perspective*. Clarendon Press. Oxford. 443 pp.

## CRECIMIENTO DE CRISTALES EN MEDIOS SEDIMENTARIOS (176)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de las Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Cristalografía y Mineralogía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

## CONTENIDOS

1. Reproducción de procesos de cristalización naturales. Cristalización en los diferentes ambientes geológicos.
2. Teoría de la nucleación. Nucleación homogénea. Nucleación heterogénea. Nucleación a altas sobresaturaciones. Nucleación de fases metaestables. Fenómenos de envejecimiento.
3. Teoría del crecimiento. La estructura atómica de las superficies cristalinas. Mecanismos de crecimiento cristalino.
4. Forma de equilibrio y hábito cristalino. Generación cinética de hábitos cristalinos. La morfología cristalina en relación con las condiciones de cristalización. Influencia de las impurezas en los procesos de nucleación y crecimiento.
5. Los mecanismos de nucleación y crecimiento cristalino en ambientes sedimentarios: Las técnicas de crecimiento en solución como simuladoras de procesos superficiales. Minerales formados por precipitación química. Minerales formados en rocas evaporíticas. Minerales formados en procesos de oxidación o enriquecimiento secundario.
6. El crecimiento de cristales en geles como laboratorio de simulación de la cristalización natural. Cristalización de carbonatos: calcita, aragonito, estronciánita, etc. Cristalización de sulfatos: yeso, baritina, etc. Cristalización de sales dobles. Cristalización de soluciones sólidas.

*Prácticas*

1. Crecimiento de cristales en solución acuosa (KDP,  $\text{NaNO}_3$ ). En geles:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCO}_3$ . Caracterización morfológica. Observación de defectos. Determinación de simetría a partir de figuras de corrosión.

2. Crecimiento de cristales con variación de hábito en función de la concentración de impurezas y del pH. Crecimiento de cristales con estructuras sectoriales ( $\text{SO}_4\text{K}$  con impurezas orgánicas etc.).
3. Nucleación y crecimiento de cristales polimorfos y observación de cambios de fase ( $\text{KNO}_3$ ). Influencia de algunas variables en estos cambios (impurezas y aspectos cinéticos).

#### BIBLIOGRAFÍA

- CHERNOV, A. A. (Ed.) (1984). *Modern crystallography. Vol. III: Crystal Growth*. Springer-Verlag. Berlin. 517 pp.
- GRIGOR'EV, D. P. (1965). *Ontogeny of minerals*. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem. 250 pp.
- HENISCH, J. K. (1973). *Crystal growth in gels*. Pennsylvania State University Press. London.
- HURLE, D. T. J. (Ed.) (1994). *Handbook of crystal growth 2. Bulk crystal growth. A: Basic techniques y B: Growth mechanisms and dynamics*. Ed. North-Holland. Amsterdam.
- RODRÍGUEZ-CLEMENTE, R. & TARDY, Y. (Eds.) (1987). *Geochemistry and mineral formation in the earth surface*. CSIC. Madrid. 893 pp.
- SUNAGAWA, I. (Ed.) (1984). *Materials science of the Earth's interior*. Terra Scientific Publishing Company. Tokyo. 653 pp.
- SUNAGAWA, I. (Ed.) (1987). *Morphology of crystals*. Terra Scientific Publishing Company. Tokyo. 2 vol.

## DIAGÉNESIS DE ROCAS CARBONÁTICAS Y SALINAS (177)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis de Evaluación de las Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Ambientes diagenéticos. La diagénesis en el tiempo y en el espacio. Características hidroquímicas e hidrológicas de los distintos subambientes.
2. Características geoquímicas, mineralógicas y texturales de los sedimentos carbonáticos. Factores físico-químicos que afectan a la estabilidad de los carbonatos. El nivel de compensación. Características composicionales y texturales de los componentes deposicionales inorgánicos y orgánicos que afectan a su evolución diagenética.
3. Técnicas aplicadas en estudios diagenéticos: microscopía óptica, microscopía electrónica, catodoluminiscencia, tinciones, geoquímica isotópica, inclusiones fluidas y difracción de rayos-X.
4. Degradación física. Degradación biológica. Micritización: envueltas micríticas destructivas y constructivas.
5. Disolución: Causas intrínsecas y extrínsecas del proceso. Porosidad secundaria. Disolución selectiva y disolución no selectiva. Porosidad secundaria: origen y clasificación.
6. Cementación: Definición. Factores físico-químicos que controlan el hábito y textura de un cemento. Composición mineralógica. Tipos texturales.
7. Sedimentación interna: Definición. Génesis, características y ambientes de formación. Estructuras geopetales. Diques neptúnicos. Sedimentos de cuevas.
8. Recristalización: Definición. Características texturales del proceso. El término "neomorfismo". Tipos y ejemplos: la transformación de calcita magnesiana a calcita; la recristalización de la micrita. Criterios para la identificación de este proceso.
9. Reemplazamientos: Definición. Dolomitización: características físico-químicas del proceso y factores que lo controlan. Modelos de dolomitización: requisitos y clasificación. Dedolomitización: Características físico-químicas

del proceso y factores que lo controlan. Criterio para su identificación. Silicificación: Características físico-químicas del proceso y factores que lo controlan. Modelos de silicificación.

10. Compactación: mecánica y química (presión-disolución). Evolución de la porosidad. Consideraciones volumétricas.
11. Diagénesis con agua meteórica: geoquímica de las aguas meteóricas y regímenes hidrológicos. Implicaciones de las características mineralógicas y texturales de partida. Ambientes diagenéticos vadoso y frático. Diagénesis meteórica de carbonatos inmaduros y de carbonatos maduros.
12. Diagénesis con agua marina: geoquímica del agua marina y régimen hidrológico. Ambientes submareal y supramareal. Procesos característicos: cementación y dolomitización. Relación con las evaporitas en los ambientes hipersalinos.
13. Diagénesis profunda (de enterramiento). Geoquímica de los fluidos diagenéticos profundos y aspectos hidrológicos. Factores controladores intrínsecos y extrínsecos al sedimento enterrado. Procesos característicos: compactación mecánica, compactación química, cementación, disolución, dolomitización.
14. Geoquímica de las salmueras continentales y marinas. Elementos mayores, menores y traza. Isótopos estables. Secuencias mineralógicas continentales y marinas. Características físico-químicas que controlan la estabilidad de los minerales salinos: Temperatura, presión, efecto del ion común. Solubilidad. Técnicas de estudio.
15. Evaporitas primarias y secundarias. Definiciones, significado de estos términos y criterios para su reconocimiento. Diagénesis-Metamorfismo. Diagénesis de salmueras ("evolución de las salmueras"). Diagramas de equilibrio.
16. Diagénesis temprana. Procesos en ambientes de sabkha y su relación con procesos de dolomitización. Cementación y reemplazamiento por evaporitas.
17. Diagénesis profunda: factores físico-químicos que la controlan. Cambios en las paragénesis mineralógicas con el incremento de presión y temperatura. Diagramas de equilibrio a distintas temperaturas. Diferencias entre las salmueras originales y las diagenéticas. Estructuras y texturas características. Retrodiagénesis.
18. El ciclo yeso anhidrita. Procesos de anhidritización: hábitos cristalinos y litofacies. Yeso secundario: Características de las distintas variedades.
19. Diapirismo (halocinesis). Factores controladores. Mecanismos del diapirismo salino. Requisitos para que se produzca la intrusión. Velocidad de movimiento de la intrusión. Trabajos experimentales. Propiedades mecánicas de las sales. Características estructurales de los domos salinos. Ejemplos.

### Prácticas

1. Técnicas aplicadas en estudios diagenéticos. Repaso de los criterios composicionales y texturales a aplicar.
2. Cementos. Tipos composicionales y texturales: interpretación.
3. Calcitización del aragonito y recristalización: texturas e interpretación.
4. Dolomitización-dedolomitización: descripción e interpretación.
5. Compactación: criterios para su reconocimiento y cuantificación.
6. Porosidad: tipologías, cuantificación e interpretación.
7. Estudio de la evolución diagenética de una formación carbonática determinada (parte 1)
8. Idem. (parte 2). Con 7 y 8 se redactará un informe que se entregará al final del curso.
9. Rocas salinas primarias y secundarias: Ejemplos de litofacies cloruradas y sulfatadas.
10. Litofacies diagenéticas del ciclo yeso-anhidrita

### BIBLIOGRAFÍA

- BATHURST, R. G. (1975). *Carbonate sediments and their diagenesis*. Developments in Sedimentology, 12. Elsevier. 658 pp.
- BORCHERT, H. & MUIR, R. O. (1964). *Salt deposits, the origin, metamorphism and deformation of evaporites*. Van Nostrand Company. 338 pp.
- BRAITSCH, O. (1971). *Salt deposits, their origin and composition*. Springer-Verlag. 297 pp.
- HANDFORD, C. R.; LOUCKS, R. G. & DAVIES, G. R. (Eds.) (1982). *Depositional and Diagenetic Spectra of Evaporites. A Core Workshop*. SEMP, Core Workshop 3: 395 pp.
- KENDALL, A. C. (1992). *Evaporite diagenesis. Quantitative diagenesis*. Recent developments and applications to reservoirs Geology. University of Reading (England)
- KIRLAND, D. W. & EVANS, R. (Eds.). *Marine evaporites. Origin, diagenesis and geochemistry*. Dwden, Hutchinson and Ross, Inc. Benchmark Papers in Geology: 426 pp.
- MCLREATH, I. A. & MORROW, D. W.(Eds.) (1990). *Diagenesis*. Geoscience Canada. Reprint Series, 4: 338 pp.
- MOORE, C. H. (1989). *Carbonate diagenesis and porosity*. Developments in Sedimentology, 46. Elsevier. 338 pp.
- PURSER, B. H. (1980). *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récentes*. Ed. Technip, T-1. 366 pp.
- SCHNEIDERMAN, N. & HARRIS, P. M. (Eds.) (1985). *Carbonate cements*. SEPM. Sp. Publ. n° 36: 379 p.
- TUCKER, M.E. & WRIGHT, V. P. (1990). *Carbonate sedimentology*. Blackwell Scientific Publications. 482 pp.
- ZENGER, D. H.; DUNNHAN, J. B. & ETHINGTON, R. L. (Eds.). *Concepts and models of dolomitization*. SEPM, Sp. Publ., 28: 320 pp.
- SPENCER, R. J. & LOWENSTEIN, T. K. (1990). Evaporites. En: I. A. MCLREATH & D. W. MORROW (Eds.). *Diagenesis*. Geoscience Canada, Reprint Series 4: 141-163.

## DIAGÉNESIS DE ROCAS SILICICLÁSTICAS Y DE LA MATERIA ORGÁNICA (178)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción: definiciones, conceptos y principios.
2. La diagénesis en el tiempo y en el espacio: etapas y ambientes diagenéticos.
3. Introducción a la diagénesis de rocas siliciclásticas y campos de aplicación.
4. Características físicoquímicas de la diagénesis: temperatura, presión, tiempo. Diagramas Eh-pH. Modelos matemáticos de la diagénesis química. Los isótopos en estudios diagenéticos.
5. El agua en la diagénesis. Interacción sedimento-agua intersticial. Flujo del agua intersticial y reacciones diagenéticas. Convección termal. Difusión. Flujos por compactación.
6. Estabilidad mineralógica en la diagénesis. Autigénesis.
7. Procesos diagenéticos. Variables que los controlan. Compactación mecánica. Sobrepresión.
8. Compactación química. Termodinámica de los procesos de disolución por presión.
9. Cementación. Reemplazamiento. Origen de los principales cementos en areniscas. La autigénesis de arcillas como cementos de areniscas. Grauvuquización.
10. Generación de porosidad secundaria. Calidad de las areniscas como roca almacén.
11. Evolución de la porosidad y permeabilidad en sistemas de areniscas-lutitas.
12. Secuencia de los procesos diagenéticos en series de areniscas-lutitas.
13. Diagénesis de los depósitos volcanoclásticos. Neoformación de ceolitas.



14. Modelos diagenéticos. Ejemplos aplicados a la calidad de roca almacén en areniscas.
15. Introducción. Tipos de materia orgánica en los sedimentos. Procesos sedimentarios que controlan la acumulación de materia orgánica en los sedimentos.
16. Etapas de diagénesis de la materia orgánica: Degradación. Policondensación. Insolubilización.
17. Kerógeno. Bitumen. Gases formados durante la diagénesis. Fósiles geoquímicos. Métodos de analizarlos.
18. Catagénesis y metagénesis. Formación de hidrocarburos y gases. Migración de los hidrocarburos.
19. Influencia de la materia orgánica en la diagénesis de sedimentos siliciclásticos. Procesos orgánicos y microbianos. Rocas Madre.
20. Cronología y evolución de las secuencias diagenéticas en las cuencas y su correlación con la maduración de la materia orgánica.

### *Prácticas*

1. Introducción al estudio de los procesos diagenéticos: Composición y textura de los depósitos siliciclásticos
2. Cementación. Tipos texturales y mineralógicos de cementos. Orden de cementación: criterios texturales.
3. Matrices diagenéticas: Identificación de los distintos tipos: criterios texturales. Reacciones diagenéticas.
4. Caracterización de la porosidad. Identificación de la porosidad primaria y secundaria: criterios texturales. Caracterización de la porosidad secundaria: tipos texturales y genéticos. Porosidad secundaria y su relación con las etapas diagenéticas.
5. Reconstrucción de la evolución de la porosidad. Estimación de la porosidad original. Reducción de la porosidad primaria por procesos de compactación mecánica y química. Reducción de la porosidad primaria por procesos de cementación. Cálculo de los índices COPL, CEPL, e ICOMPACT.
6. Elaboración de modelos diagenéticos. Secuencialidad de los procesos diagenéticos en las etapas diagenéticas. Consecuencias en el medio poroso en función de la profundidad, temperatura y tiempo. Modelos geoquímicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BLATT, H.; MIDDLETON, G. & MURRAY, R. (1980). *Origin of sedimentary rocks*. Prentice Hall. Inc. 782 pp.
- BARWIS, J. H.; MCPHERSON, J. G. & STUDLICK, J. R. (Eds.) (1990). *Sandstone petroleum reservoirs*. Springer-Verlag. 583 pp.
- BJORLEYKE, K. (1994). Fluid-flow processes and diagenesis in sedimentary basins. In: Parnell, J. (Ed.). *Geofluids: Origin, migration and evolution of fluids in sedimentary basins*. Geological Society Special Publication, 78: 127-140.
- CROSSEY, L. J.; LOUCKS, R. & TOTTEN, M. W. (Eds.) (1996). *Siliciclastic Diagenesis and Fluid flow: Concepts and applications*. SEPM, Spec.1 Publ. n° 55: 222 pp.
- EINSELE, G. (1992). *Sedimentary basins, evolution, facies and sediment budget*. Capítulos 13-14: *Mechanical and chemical diagenesis*. Springer-Verlag. Berlin. 509-613.
- GAUTIER, D. L. (Ed.) (1986). *Roles of organic matter in sediment diagenesis*. SEPM. Spec. Publ. n° 38: 203 pp.
- HOUSEKNECHT, D. W. & PITTMAN, E. D. (1992). Origin, diagenesis and petrophysics of clay minerals in sandstones. *SEPM, Special Publication*, n° 47: 282 pp.
- MCDONALD, D. A. & SURDAM, R. C. (Eds.) (1984). *Clastic Diagenesis*. AAPG. Memoir 37: 434 pp.
- MCLLREHAT, I. A. & MORROW, D. W. (1990). *Diagenesis*. Geoscience Canada. Reprint Series 4: 338 pp.
- MARFIL, R. & DE LA PEÑA, J. A. (1989). *Diagénesis: Rocas siliciclásticas y Rocas Carbonáticas*. En *Sedimentología*. Tomo II, Coord. A. ARCHE. Nuevas Tendencias. CSIC: 343-427.
- PRATT, L. M.; COMER, J. B. & BRESSELL, S. C. (1992). *Geochemistry of organic matter in sediments and sedimentary rocks*. SEPM Short Course, 27: 100 pp.
- SCHOLE, P. A. & SCHLUGER, P. R. (1979). *Aspects of diagenesis*. SEPM, Spec. Publ.n°26: 443 pp.
- WILSON, M. D.; BYRNES, A. P.; BLOCH, S.; STANTON, P. T.; WOOD, J. R. & MCGOWEN, J. H. (1994). *Reservoir quality assessment and prediction in clastic rocks*. SEPM, Short Course Notes, 33: 460 pp.

## ESTRATIGRAFÍA DEL SUBSUELO (179)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **6** (1,5 Teoría + 4,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Metodología utilizada en la estratigrafía de subsuelo. Datos disponibles. Escala de trabajo. Introducción a los métodos geofísicos.

#### *II. Introducción al métodos sísmico*

2. Definición y fundamento del método. La naturaleza del registro sísmico.
3. La adquisición de datos y el procesado.
4. Elementos que se observan en una línea sísmica. El comienzo de la interpretación.
5. La sísmica de alta resolución.
6. Mapas de estructura.

#### *III. Estratigrafía sísmica*

7. Introducción. Definición.
8. La secuencia de depósito sísmica.
9. Las facies sísmicas. Parámetros de reflexión que definen las facies sísmicas.
10. La geometría externa de las facies sísmicas. Interpretación.
11. Tipos de reflexiones en facies clásticas y en facies carbonatadas.
12. La estratigrafía sísmica y el análisis de los cambios relativos del nivel del mar. La construcción de las curvas globales de CRNM. Utilidad y discusión.

#### IV. Los registros de pozos

13. Introducción. Metodología. Tipos de datos que se obtienen.
14. Los testigos continuos. Análisis.
15. Las diagrañas (Logs). Introducción. Definición y aspectos básicos.
16. Tipos de registros: Calibre, geotemperatura, potencial espontáneo, Gamma Ray, Resistividad, Density, Neutrón, Sónico, Dipmeter. Fundamento de cada herramienta, método de análisis e información que proporciona.
17. Levantamiento de la columna estratigráfica a partir de registros de pozos.
18. Análisis secuencial de diagrañas. Las electrofacies. Interpretación sedimentológica. Análisis de series clásticas, carbonatadas y evaporíticas.

#### Prácticas

1. Análisis de líneas sísmicas. Reconocimiento de elementos presentes en una línea sísmica. La rejilla de líneas sísmicas. Elección de un reflector. Mapas de estructura.
2. Análisis estratigráfico de líneas sísmicas.
3. Análisis de registros de pozos. a) Análisis de testigos continuos. b) Análisis de diagrañas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BEARMAN, G. & NUTTALL, I. (Eds.) (1987). *Sedimentary processes and basin analysis. Block-3: Basin Analysis techniques*. The Open University Press. Milton Keynes. 139 pp.
- HURST, A.; LOVELL, M. A. & MORTON, A. C. (Eds.) (1992). *Geological applications of wireline logs II*. Geol. Soc. London. 357 pp.
- JAGELER, A. J. & MATUSZAK, D. R. (1981). Use of well logs and dipmeters in stratigraphic-trap exploration. In: KING, R. E. (Ed.): *Stratigraphic oil and gas fields: classification exploration methods and case histories*. AAPG Tulsa, Oklahoma. 107-135 pp.
- NORTH, F. K. (1985). *Petroleum Geology*. Allen & Unwin. Boston. 607 pp.
- RIDER, M. H. (1986). *The geological interpretation of well Logs*. Blackie. Glasgow. 175 pp.
- SERRA, O. (1979-1985). *Diagraphies différencées: bases de l'interprétation*. Pau/Elf-Aquitaine (Tome I et II).

## EVALUACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS EN LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS (180)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **3** (1,5 Teóricos + 1,5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Significado de los recursos energéticos respecto a la globalidad de recursos en cuencas sedimentarias. Tipos de recursos energéticos. Recursos energéticos españoles.
2. Legislación minera y medio-ambiental referente a la explotación de recursos energéticos en España.

#### *II. El uranio*

3. Tipos de yacimiento. Yacimientos sedimentarios.
4. Principales yacimientos en el mundo y en España. Métodos de prospección. Estado de la investigación de yacimientos de Uranio.

#### *III. Los combustibles sólidos*

5. Tipos de combustibles sólidos. Métodos de distinción de diferentes tipos de carbones. Los combustibles sólidos en el mundo, en la CE y en España.
6. Prospección de carbones.
7. Distintos métodos de explotación de carbones. Explotación a cielo abierto, cálculo de ratios. Estructura de una mina de interior.
8. Explotación convencional por testers. Extracción por rozadoras y cepillos. Sutiraje. Nuevas tendencias.
9. Prospección y explotación de lignitos. Ratios y estabilidad de taludes.
10. Las turberas. Estado actual y futuro de los combustibles sólidos en la CE y en España.

#### *IV. Los combustibles líquidos y gaseosos*

11. Tipos de petróleo y gas natural. Tipos de yacimiento.
12. Producción y reservas en el mundo, en la CE y en España. Evolución de las reservas y de los precios del crudo. Perspectivas.
13. Rocas Madre, migración primaria, migración secundaria.
14. Clasificación de los crudos, clasificación de los tipos de trampa, clasificación de cuencas petrolíferas.
15. Algunos ejemplos de cuencas petrolíferas. Estado de la investigación en España.

#### *Prácticas*

1. Preparación de un proyecto de investigación de Uranio.
2. Preparación de un proyecto de investigación geológico-minera para explotación de reservas de hulla/antracita.
3. Visita a una cuenca hullera con explotaciones a cielo abierto e interior.

#### BIBLIOGRAFÍA

HUTCHINSON, C. S. (1983). *Economic deposits and their tectonic setting*. MacMillan. Hampshire. 365 pp.

## MODELIZACIÓN DE ALMACENES SEDIMENTARIOS (181)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **3** (1 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Porosidad. Permeabilidad. Clasificación del agua subterránea. Agua subterránea y petróleo. Explotación de un almacén. Técnicas de recuperación.
2. Barreras de flujo. Heterogeneidades y su clasificación. Descripción y cuantificación de las heterogeneidades, fallas, pantallas, estratificación cruzada y heterogeneidades microscópicas.
3. Modelización: definición del espacio. Reconocimiento de unidades. Influencia de la densidad de datos geológicos en la fiabilidad del modelo. Arquitectura tridimensional. Modelización de las propiedades del almacén. Modelización de objetos discretos o de una variación continua.
4. Modelización: representación del espacio. Construcción de modelos 3D automatizados. Ventajas, limitaciones y prospectiva. La definición de escalas. Simulaciones. Ejemplo de simulación de un sistema sedimentario.
5. Uso de análogos. Necesidad de análogos. Tipos: matemáticos de procesos sedimentarios, simulaciones experimentales y análogos del registro geológico. Cómo trabajar en el campo para obtener un análogo de afloramiento. Modelos tridimensionales de facies para bases de datos.

### *Prácticas*

Construcción de un modelo a escala de un almacén de tipo laberíntico

1. Identificación de unidades genéticas y toma de datos para modelizar su forma, espesor y posición estratigráfica. Reconocimiento de heterogeneidades.
2. Uso de un programa de CAD para construir un modelo tridimensional
3. Cálculos de espesores y volúmenes. Síntesis metodológicas.

Simulaciones:

4. Distribuciones de anchura y espesor. Muestreo aleatorio.
5. Modelización booleana para un espacio comprendido entre dos pozos.
6. Construcción de un variograma.

#### BIBLIOGRAFÍA

- FLINT, S.S. & BRYANT, I. D. (Eds.) (1993). *The geological modelling of hydrocarbon reservoirs and outcrops analogues*. Blackwell Scientific. Oxford. 269 pp.
- LINK, K. P. (1987). *Basic petroleum geology*. OGCI Publications, Oil & Gas Consultants International, Inc. Tulsa. 425 pp.
- STOUDT, E. L. & HARRIS, P. (Eds.) (1995). *Hydrocarbon reservoir characterization: geologic framework and flow unit modeling*. SEPM. Tulsa. 357 pp.
- WEWER, K. J. (1991). How heterogeneity affects oil recovery. *In*: LAKE, L. W. & CARROL, H. B. (Eds). *Reservoir characterization - II*. Academic Press. San Diego, California. 487-544 pp.
- WILSON, M. D. (Ed.) (1994). *Reservoir quality assessment and prediction in clastic rocks*. SEPM. Tulsa. 432 pp.



## SEDIMENTACIÓN EN CUENCAS EN RÉGIMEN COMPRESIVO Y DIRECCIONAL (182)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **6** (2 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Marco espacio-temporal de las cuencas compresivas dentro de la tectónica global.
2. Factores que controlan la sedimentación en las cuencas compresivas.
3. La creación de espacios de acomodación.
4. El cambio de la tectónica distensiva a la tectónica compresiva. Respuesta sedimentaria.
5. El modelo arco-surco.
6. Las cuencas antearco. Génesis y evolución sedimentaria.
7. Las cuencas intraarco. Génesis y evolución sedimentaria.
8. Las cuencas interarco y trasarco. Génesis y evolución sedimentaria.
9. Reconocimiento de las cuencas compresivas mediante perfiles sísmicos.
10. La fracturación y la génesis de cuencas.
11. Cuencas transtensionales. Origen, Controles sedimentarios y evolución.
12. Cuencas pull-apart.
13. Reconocimiento de cuencas generadas por fallas de desgarre mediante perfiles sísmicos.
14. Cuencas transpresionales.
15. La colisión continental y la génesis de cuencas.
16. Cuencas oceánicas remanentes.
17. Cuencas piggy-back.
18. Cuencas de antepaís.
19. Reconocimiento de cuencas de colisión continental mediante perfiles sísmicos.

### Prácticas

Trabajo de campo (cinco días) en el Pirineo. Zona de Ainsa.

Objetivo: Análisis de la sedimentación en una cuenca en régimen transpresivo (*Piggyback*): El Cretácico terminal y el Terciario basal en la zona de los ríos Ésera y Cinca.

1. Reconocimiento de las unidades litológicas y tectosedimentarias
2. Interpretación secuencial de las columnas estratigráficas.
3. Relaciones tectónica-sedimentación
4. Elaboración de una memoria con los resultados e interpretaciones obtenidas.

### BIBLIOGRAFÍA

- BIDDLE, K. T. & CHRISTIE-BLINK, N. (Eds.) (1985). *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation*. SEPM. Tulsa. Oklahoma. 386 pp.
- BIDDLE, K. T. (Ed.) (1991). *Active margin basins*. SEPM. Tulsa. Oklahoma. 324 pp.
- MACQUEEM, R. W. & LECKIE, D. A. (1992). *Foreland basins and fold belts*. SEPM. Tulsa. Oklahoma. 460 pp.
- ZOLNAI, G. (1991). *Continental wrench-tectonics and hydrocarbon habitat*. SEPM. Tulsa, Oklahoma.

## SEDIMENTACIÓN EN CUENCAS EN RÉGIMEN DISTENSIVO (183)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Análisis y Evaluación de Cuencas Sedimentarias (CS)**

*Créditos:* **6** (2 Teóricos + 4 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Introducción: Marco espacio-temporal de las cuencas distensivas dentro de la tectónica global.
2. Factores que controlan la sedimentación en las cuencas distensivas.
3. La creación de espacios de acomodación.
4. La distensión de la corteza continental. Respuesta sedimentaria.
5. El período de Rifting: Inicio y evolución espacial. Características generales.
6. Estudio de la evolución de las cuencas de Rifting mediante perfiles sísmicos.
7. Los semigrábenes. Génesis y evolución.
8. Reconocimiento de semigrábenes en perfiles sísmicos.
9. Los semigrábenes. Modelos de relleno sedimentario.
10. Reconocimiento de la sedimentación en semigrábenes mediante perfiles sísmicos.
11. Los aulacógenos.
12. Las cuencas intraplaca.
13. El paso al margen pasivo.
14. El margen pasivo. Características sedimentarias.
15. Tipos de márgenes pasivos. El desarrollo de las plataformas.
16. Reconocimiento de márgenes pasivos en perfiles sísmicos. El eustatismo y el espacio de acomodación en los márgenes pasivos.
17. La sedimentación en el borde de la plataforma.
18. La sedimentación en la cuenca. Episodios anóxicos.

### Prácticas

Trabajo de campo (cinco días) en el Prebético de Murcia.

Objetivo: Análisis de la sedimentación en una cuenca en régimen extensional (*Rifting* y Margen pasivo). El Cretácico inferior y medio del Altiplano de Jumilla - Yecla.

1. Reconocimiento de las unidades litológicas y tectosedimentarias.
2. Interpretación secuencial de las columnas estratigráficas
3. Relaciones tectónica - sedimentación
4. Elaboración de una memoria con los resultados e interpretaciones obtenidas

### BIBLIOGRAFÍA

- EDWARDS, J. D. & SANTOGROSSI, P. A. (Eds.) (1990.: *Divergent/Passive margin basins*. AAPG. Tulsa. Oklahoma. 252 pp.
- LANDON, S. M. (Ed.) (1994). *Interior rift basins*. AAPG. Tulsa, Oklahoma. 276 pp.
- LOUKS, R. G. & SARG, J. F. (Eds.) (1993). *Carbonate sequence stratigraphy*. A.A.P.G. Tulsa, Oklahoma. 545 pp.
- WEIMER, P. & POSAMENTIER, H. (Eds.) (1994). *Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications*. AAPG. Tulsa. Oklahoma. 492 pp.

## MICROPALAEONTOLOGÍA APLICADA (184)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Métodos de muestreo y técnicas de preparación. Clasificación de microfácies.
2. Historia del estudio de los microfósiles de mayor interés.
3. Principales procesos tafonómicos en microfósiles: biodegradación-descomposición. Encostramiento. Relleno. Mineralización. Bioerosión. Disolución. Necrocinesis y desplazamientos fosildiagenéticos. Carbonificación: índices de color y paleotemperaturas diagenéticas. Distorsión y deformación.
4. Morfología funcional: composición y función. Variabilidad morfológica y su relación con los factores ambientales. Significado adaptativo de la variedad de formas.
5. Aplicaciones paleoecológicas: distribución de los microfósiles en base a los factores ambientales. Porcentaje de formas bentónicas y planctónicas. Proporción de morfotipos epifaunales e infaunales. Microfósiles como indicadores paleoambientales.
6. Aplicaciones paleobiogeográficas: los microfósiles como indicadores paleoclimáticos. Provincialismo. Interpretaciones paleobatimétricas. Implicaciones en estudios paleoceanográficos.
7. Aplicaciones bioestratigráficas: registro bioestratigráfico de los diferentes grupos de microfósiles. Historia evolutiva en los principales grupos, micro- y macroevolución. Modelos de alta resolución y correlación, biozonaciones y estratotipos del límite.
8. Análisis de las palinofacies: distribución de los palinomorfos. Reconstrucción paleogeográfica. Análisis paleoambiental y su representación.
9. Aplicaciones de la Micropalaeontología en la estratigrafía secuencial, análisis de cuencas y exploración de hidrocarburos: datación. Aplicación en el análisis secuencial.

10. Caracterización de biofacies, microfacies estándar. Interpretación paleoambiental. Evaluación en base a los grupos de microfósiles.
11. Aplicación de los foraminíferos en el estudio de la contaminación ambiental.

### Prácticas

1. Observación y reconocimiento de la variabilidad morfológica y procesos tafonómicos en microfósiles.
2. Análisis paleoambiental en foraminíferos.
3. Análisis paleoambiental en ostrácodos.
4. Análisis paleoclimáticos y paleoceanográficos en base a diferentes microfósiles.
5. Identificación de palinomorfos y representación del análisis paleoambiental.
6. Índices de color y análisis de paleotemperaturas en diferentes microfósiles.
7. Biozonaciones, su aplicación y resolución para diferentes periodos geológicos.
8. Elaboración de un trabajo integrado de las diferentes aplicaciones de los microfósiles.

### BIBLIOGRAFÍA

- BOLLI, H. M.; SAUNDERS, J. B. & PERCH-NIELSEN, K. (Eds.) (1985). *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press. Cambridge. 1032 pp.
- HAQ, B. U. & BOERMA, A. (Eds.) (1978). *Introduction to marine micropaleontology*. Elsevier. Amsterdam. 376 pp.
- JENKINGS, D. G. (Ed.) (1993). *Applied micropaleontology*. Kluwer Academic Publishers. 269 pp.
- KENNET, J. P. (1982). *Marine geology*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. 813 pp.
- LIPPS, J. H. (Ed.) (1993). *Fossil Prokaryotes and Protists*. Blackwell Scientific Publications. 342 pp.
- TRAVERSE, A. (1988). *Paleopalynology*. Unwin Hyman. Boston. 600 pp.

## PALEOBOTÁNICA Y PALINOLOGÍA (185)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Paleontología vegetal: parte general*

1. Macro y Microflora fósil. El Reino Plantae.
2. Palinología. Tipos de esporas, morfología y orientación.
3. Características y morfología de los granos de polen.
4. Estructura y ornamentación de la esporodermis.
5. Paleopalínología. Recuperación de palinomorfos in situ y dispersos.

#### *II. Paleoflora: parte descriptiva*

6. Nomenclatura e identificación de los vegetales fósiles. Concepto de parataxón: importancia de la morfología en la clasificación de los vegetales fósiles.
7. Vegetales más antiguos. Restos fósiles de algas incluidos en el Reino Planta.
8. Traqueofitas. Tipos y distribución de Licofitas. Estudio de los aparatos vegetativo y reproductor de las Lepidodendráceas y Sigillariáceas.
9. Sphenopsida. Estudio de Sphenophyllales y Equisetales.
10. Filicofilla. Estudio de frondes filicoides.
11. Filicopsida. Filloforales y afillloforales. Las "Paleopteridales": Cladoxylopsida, Rachophytopsida, Coenopteridopsida. Maratiales, Ofioglosales, Filicales, Marsiales y Salviniiales.
12. División Pinophyta. Historia e interpretación de las Pteridospermales.
13. Cycadales, Cycadeoidales y restos afines. Su importancia durante el Mesozoico medio.

14. Caytoniales, Gynkgoales y Pentoxiales.
15. Características y distribución de las Glossopteridales.
16. Pinopsida. Cordaitales y Coniferales. Gnetopsida.
17. Angiospermopsida. Restos de Monocotiledóneas y Dicotiledóneas de interés paleontológico.

#### Prácticas

1. Preparación y reconocimiento de palinomorfos.
2. Elaboración de palinogramas, espectros y diagramas polínicos.
3. Técnicas de biometría foliar. Aplicación a determinaciones estratigráficas, paleoecológicas y paleoclimáticas.
4. Utilización de claves para el reconocimiento de Filicofilas paleozoicas.
5. Estudio de fósiles recogidos en la práctica de campo.
6. Reconocimiento de plantas paleozoicas.
7. Reconocimiento de plantas postpaleozoicas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BIGNOT, G. (1988). *Los Microfósiles*. Paraninfo.
- BRACEGIRDLE, B. y MILLES, (1975). *Atlas de estructura vegetal*. Paraninfo.
- FONT QUER, P. (1982). *Diccionario de Botánica*. Ed. Labor.
- PONS, A. (1970). *Le Pollen*. "¿Qué sais-je?" n. 783. Presse Universitaire de France.
- SAENZ, C. (1978). *Polen y esporas*. H.Blume.
- STEWART, W. N. (1983). *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge Univ. Press.



## PALEONTOLOGÍA ESTRATIGRÁFICA (186)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Objetivos, métodos y relaciones con otras disciplinas.
2. Conceptos básicos. El concepto de facies en el tiempo y el espacio. Interpretación de facies.
3. La escala de los tiempos geológicos. Principales eventos bióticos de importancia geocronológica. Crisis y extinciones.
4. Los organismos del Proterozoico. La vida en el Precámbrico. Los ambientes del Precámbrico. Paleobiogeografía del Precámbrico.
5. El Cámbrico: divisiones y principales fósiles con interés estratigráfico.
6. Importancia y utilidad estratigráfica de los Arqueociatos en las divisiones del Cámbrico. Distribución paleobiogeográfica. Biozonas.
7. Interés y utilidad de los Trilobites en el Paleozoico. Trilobites cámbricos, ordovícicos y silúricos. Distribución estratigráfica y paleobiogeográfica.
8. Los graptolitos. Utilización de los graptolitos en el establecimiento de biozonas. Graptolitos ordovícicos y silúricos: distribución estratigráfica y paleobiogeográfica.
9. Equinodermos paleozoicos. Distribución estratigráfica y paleobiogeográfica. Equinodermos cámbricos, ordovícicos y silúricos.
10. El medio arrecifal paleozoico. Arrecifes cámbricos, devónicos, carboníferos. El bioma arrecifal de algas. Interés bioestratigráfico de las bioconstrucciones.
11. Interés bioestratigráfico de los restos vegetales en el Paleozoico. Palinomorfos carboníferos.
12. Eventos bióticos del intervalo Paleozoico-Mesozoico. Ecosistemas triásicos y jurásicos.
13. El Mesozoico: fósiles de interés bioestratigráfico. Moluscos: cefalópodos, gasterópodos y bivalvos.

14. Equinodermos mesozoicos y cenozoicos. Distribución bioestratigráfica y paleogeográfica.
15. Utilidad e importancia de los restos fósiles vegetales en el Mesozoico. Registro de restos fósiles vegetales cenozoicos y cuaternarios. Aplicaciones bioestratigráficas.
16. Macromamíferos y micromamíferos. Importancia y utilidad en bioestratigrafía.
17. Principales eventos bióticos en el límite Cretácico-Terciario. Crisis y extinciones.
18. Aportaciones e interés bioestratigráfico de la Micropaleontología.

### Prácticas

1. Caracterización bioestratigráfica de organismos precámbricos: primeros metazoos, vendobiontos, Ediacara, Burgess Shale.
2. Caracterización bioestratigráfica de fósiles cámbricos: trilobites, braquiópodos, equinodermos, moluscos.
3. Caracterización bioestratigráfica de fósiles del Ordovícico y Silúrico: trilobites, braquiópodos, moluscos, graptolitos.
4. Caracterización de principales grupos de fósiles vegetales paleozoicos y mesozoicos con interés bioestratigráfico.
5. Palinomorfos carboníferos.

### BIBLIOGRAFÍA

- COWIE, J. W.; ZIEGLER, W.; BOUCOUT, A. J.; BASSET, M. G. & REMANE, J. (1986). Guidelines and statutes of the International Commission on Stratigraphy (I.C.S.). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 83:1-14.
- GRADSTEIN, F.; AGTERBERG, F. P.; BROWER, J. & SCWARZACHER, W. S. (Eds.) (1985). *Quantitative stratigraphy*. Reidel Public. Co. Dordrecht. 598 pp.
- GUEX, J. (1987). *Corrélations biochronologiques et associations unitaires*. Presses Polytechniques Romandes. Lausanne. 244 pp.
- HARLAND, W. B.; ARMSTRONG, R. L.; COX, A. V.; CRAIG, L. E.; SMITH, A. G. & SMITH, D. G. (1990). *A geologic time scale 1989*. Cambridge University Press. Cambridge. 263 pp.
- KAUFFMAN, E. G. & HAZEL, J. E. (Eds.) (1977). *Concepts and methods of biostratigraphy*. Downen Hutchinson & Ross. Stroudsburg. 658 pp.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1983). North American Stratigraphic Code. *Bull. AAPG*, 67:841-875.
- ODIN, G. S. et ODIN, C. G. (1990). Échelle numerique des temps geologiques. *Géochronique*, 35: 12-21.
- POMEROL, CH.; BABIN, C.; LANCELOT, Y.; LE PICHON, X; RAT, P. & RENARD, M. (1987). *Stratigraphy: principes, méthodes, applications*. Doin. Paris. 283 pp.
- SNELLING, N. J. (Ed.) (1985). *The chronology of the geological record*. Blackwell. Scientific Publications. Oxford. 343 pp.
- STANLEY, S. M. (1989). *Earth and Life through time*. W.H. Freeman & Company. New York. 690 pp.

## PALEONTOLOGÍA EVOLUTIVA (187)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. La teoría evolutiva y la evidencia paleontológica. Filogenia y desarrollo ontogénico.
2. Características básicas de la ontogenia. Concepto y cuantificación de la heterocronía. Procesos de heterocronía y consecuencias evolutivas.
3. Morfogénesis y adaptación. Paisaje adaptativo. Tipo organizativo, modo de vida y hábitat. Ejemplos en el registro fósil.
4. Análisis de los mecanismos adaptativos. Métodos de análisis morfológico-funcional. El actualismo sustantivo. Los paradigmas. Morfología construccional.
5. La especiación según el registro fósil. Modos de evolución.
6. Progreso biológico. Cladogénesis y extinciones. Modelos generalistas de evolución.
7. Tiempos, magnitudes y tasas de evolución. Fósiles pancrónicos.
8. Desarrollo histórico y crítica de las teorías evolucionistas. Modalidades evolutivas. Teoría sintética. Equilibrio interrumpido.

### *Prácticas*

- 1 y 2. Métodos de análisis filogenéticos. Reconstrucción de filogenias.
- 3 y 4. Identificación de estructuras funcionales en el registro fósil.
5. Variabilidad ontogénica. Tipos de crecimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBERCH, P. (1982). The generative regulatory roles of development in evolution. En: MOSSA KOWSKI, D. & ROTH, G. (Eds.). *Environmental adaptation and evolution*. Gustav Fischer. Stuttgart. 19-36 pp.
- DOBZHANSKY, T. (1970). *Genetics of the evolutionary process*. Columbia University. New York.
- DOBZHANSKY, T. *et al.* (Eds.) (1988). *Evolución*. Omega. Barcelona. 588 pp.
- DOBZHANSKY, T.; HECHT, M. K. & STEERE, W. C. (Eds.) (1970). *Evolutionary biology*. Vol. IV. Appleton-Century-Crofts. New York. 312 pp.
- ELDREDGE, N. & CRACRAFT, J. (1980). *Phylogenetic patterns and the evolutionary process*. Columbia University. New York. 349 pp.
- ELDREDGE, N. & GOULD, S. J. (1972). Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. En: SCHOPF, T. J. M. (Ed.). *Models in paleobiology*. Freeman & Co. San Francisco. 82-115 pp.
- GOULD, S. J. (1982). Change in developmental timing as a mechanism of macroevolution. En: BONNER, J. T. (Ed.) *Evolution and development:....* Springer-Verlag. Berlin. 333-346 pp.
- MAYR, E. & PROVINE, W. B. (Eds.) (1980). *The evolutionary synthesis: perspectives on the unification of biology*. Harvard Univ. Press. Cambridge.
- STANLEY, S. M. (1979). *Macroevolution: pattern and process*. Freeman & Co. San Francisco. 332 pp.
- WHITE, M. J. D. (1978). *Modes of speciation*. Freeman & Co. San Francisco.

## PALEONTOLOGÍA HUMANA (188)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **3** (2 Teóricos + 1 Práctico)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. Caracterización del orden primates: ecología y biogeografía. Sistemáticas "clásica" y cladística de los Primates. Caracteres derivados de los principales grupos.
2. Registro fósil de los primates: origen y diversificación de los Plesiadapiformes en el Cretácico y Paleoceno. Radiación de los Euprimates en el Eoceno. Radiación de los antropoideos en el Oligoceno. Ecología y diversificación de los hominoideos en el Mioceno.
3. Sociobiología: introducción a la etología humana. Socioecología comparada de hominoideos. Socioecología inferida de homínidos fósiles.
4. Primeros homínidos: las crisis climática finimiocena y el origen de los homínidos. *Ardipithecus ramidus*, *Australopithecus anamensis*, *A. afarensis*, *A. africanus*. Tipos de locomoción y bipedestación.
5. El clado *Paranthropus*: adaptaciones tróficas.
6. El origen y diversificación del género *Homo* en África: Expansión cerebral y tecnología lítica. Modelos de desarrollo ontogenético en *Australopithecus* y primeros *Homo*.
7. Poblamiento y evolución humana en Eurasia: oscilaciones climáticas cuaternarias y cambios en los ecosistemas. *Homo erectus* en Asia. Historia evolutiva de los Neandertales en Europa.
8. Origen y expansión de la humanidad moderna: un nuevo tipo de homínido. Nuevas estrategias de explotación de los recursos del medio. Un nuevo sistema de transmisión de información: el lenguaje articulado. Modelo de evolución multirregional y modelo de origen único reciente con reemplazamiento. Evidencia paleontológica y molecular.

*Prácticas*

1. Anatomía comparada de Primates: cráneo y dentición.
2. Esqueleto postcranial y modos de locomoción en Primates. Anatomía comparada de hominoideos: cráneo y dentición. Desarrollo en hominoideos.
3. *Australopithecus* y *Paranthropus*.
4. *Homo habilis* s.l. y *Homo erectus* s.l.
5. Neandertales y humanos modernos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AIELLO, L. & DEAN, C. (1990). *An Introduction to Human evolutionary Anatomy*. Academic Press. Londres.
- JOHANSON, D. & EDGAR, B. (1996). *From Lucy to language*. Simon & Schuster. Nueva York.
- LEWIN, R. (1993). *Evolución Humana*. Salvat. Barcelona.
- STRINGER, C. & MCKIE, R. (1996). *African Exodus. The Origins of Modern Humans*. Random House, Londres.
- TATTERSHALL, I. (1995). *The fossil Trail*. Oxford University Press. Nueva York.
- TATTERSHALL, I.; DELSON, E. & COUVERING, J. V. (1988). *Encyclopaedia of Human Evolution and Prehistory*. Garland. Nueva York. Londres.

## PALEOZOOLOGÍA DE INVERTEBRADOS (189)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **9** (4 Teóricos + 5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. Los invertebrados en el mundo orgánico. Estructura celular, fases de desarrollo y tipos de reproducción. Clasificación y origen.
2. Organización y elementos estructurales de los Poríferos. Diagnóstico y clasificación de Esponjas, Estromatopóridos y Arqueociatos. Paleocología, bioestratigrafía y biogeografía.
3. Aspectos generales de los Cnidarios y clasificación. Estudio de los principales grupos de Antozoos: Rugosos, Tabulados y Escleractínios. Origen y tendencias evolutivas. Importancia geológica de los cnidarios como bioconstructores.
4. Estructura del zooide y de la colonia de Briozoos. Métodos de estudio. Clasificación. Morfología y evolución. Ecología y distribución.
5. Estudio de los Braquiópodos. Morfología, composición y microestructura de la concha. Modificaciones de la abertura del pedúnculo. Clasificación y distribución. Morfología funcional y paleocología. Filogenia e historia sinóptica del filum.
6. Caracteres morfológicos fundamentales de los Moluscos. Origen y clasificación. Estudio de los grupos de Moluscos con menor representación en el registro: Monoplacóforos, Rostroconchas, Poliplacóforos y Escafópodos.
7. Estudio morfológico de los Gasterópodos. Clasificación, origen y evolución. Morfología, orientación y microestructura de la concha de los Bivalvos. Los Bivalvos como indicadores ambientales. Clasificación, origen y evolución.
8. Características generales y relaciones entre los principales grupos de Cefalópodos. Estudio especial de los Nautiloideos, Coleoideos y Ammonoideos. Clasificación, origen y evolución de los Ammonoideos. Importancia geológica de los Cefalópodos.
9. Características morfológicas de los Hyolítidos. Clasificación. Distribución estratigráfica. Origen y posición sistemática.
10. Aspectos generales de los Anélidos. Anélidos tubícolas e icnofósiles. Morfología. Clasificación. Origen y evolución.
11. Características generales de los Artrópodos. Origen y relaciones taxonómicas entre los principales grupos. Estudio especial de los Trilobitomorfos. Clasificación y distribución. Paleocología.

12. Características generales de los Equinodermos. Origen e historia evolutiva del filum. Estudio de los principales grupos fósiles: Crinozoos, Blastozoos, Homalozoos, Asterozoos y Equinozoos. Paleocología. Importancia geológica de los Equinodermos.
13. Características generales de los Hemicordados. Clasificación, origen y relaciones taxonómicas. Estudio especial de los Graptolitos. Paleocología. Evolución e importancia estratigráfica de los graptolitos.

### Prácticas

1. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de la Fauna de Ediacara y de diferentes grupos de Poríferos.
2. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Cnidarios.
3. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Briozoos y Braquiópodos.
4. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles pertenecientes a los grupos menores de Moluscos.
5. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Gasterópodos.
6. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Bivalvos.
7. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Cefalópodos.
8. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Artrópodos.
9. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Equinodermos.
10. Estudio morfológico, descriptivo y clasificación de fósiles de Graptolitos.

### BIBLIOGRAFÍA

- BOARDMAN, R.S.; CHEETHAM, A. G. & ROWELL, A. J. (Eds.) (1987) *Fossil invertebrates*. Blackwell. Oxford. 713 pp.
- BRIGGS, D. E. G. & CROWTHER, P. R. (Eds.) (1990). *Paleobiology: a synthesis*. Blackwell. Oxford. 583 pp.
- BRUSCA, R. C. & BRUSCA, G. J. (1990). *Invertebrates*. Sinauer Assoc. Sunderland, Massachusetts. 922 pp.
- CLARKSON, E. N. K. (1979). *Invertebrate paleontology and evolution*. Allen & Unwin. London. 323 pp.
- ENAY, R. (1990). *Paléontologie des invertébrés*. Dunod. Paris. 233 pp.
- MOORE, R. C. & TEICHERT, C. (Eds.) (1957-83). *Treatise on invertebrate paleontology*. Part.: A, C-I, K-L, N-S, U-W. Geological Society of America. New York.
- ORLOV, YU. A. (Ed.) (1971-74). *Fundamentals of paleontology: a manual for paleontologist and geologist of the URSS*. Israel Program for Scientific Translation. Jerusalén.
- PIVETEAU, J. (Ed.) (1952-1966). *Traité de paléontologie*. Masson. Paris.
- TASCH, P. (1980). *Paleobiology of the invertebrates: data retrieval from the fossil record*. John Wiley & Sons. New York. 975 pp.
- WILLMER, P. (1994). *Invertebrate relationships: patterns in animal evolution*. Cambridge University Press. Cambridge. 400 pp.
- ZIEGLER, B. (1983). *Einführung in die Paläobiologie. Teil 2: Spezielle Paläontologie*. Schweizerbartische. Stuttgart. 409 pp.



## PALEOZOOLOGÍA DE VERTEBRADOS (190)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Especialidad:* **Paleontología (PA)**

*Créditos:* **9** (4 Teóricos + 5 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. Objetivos, marco de la asignatura. Historia y desarrollo.

#### *II. Los vertebrados: organización, diversidad, distribución*

2. Cordados y vertebrados. Generalidades. Estructura anatómica. Variaciones estructurales. Clasificación.
3. Osteología. Histología del tejido óseo.
4. Organización y función del esqueleto. Elementos y articulaciones. Esqueleto craneal. Estructuras neurosensoriales. Esqueleto dérmico. Dentición, masticación y régimen trófico. Espinas, escamas y caparazones: protección y agresión. Esqueleto axial y apendicular. Dinámica de la locomoción.
5. Reproducción y desarrollo. Nidificación. Comportamiento parental. Ontogenia. Esqueletocronología.
6. Fisiología y ecología. Límites de tamaño. Abundancia. Distribución.

#### *III. Fosilización de los vertebrados*

7. Tafonomía. Ejemplares articulados. Conservación de partes blandas. Elementos desarticulados. Necrocinesis y escatocinesis. Elementos renovables. Fosil-diagénesis. Tipos de yacimientos.
8. Representación indirecta en el registro fósil. Icnología.

*IV. Origen de los vertebrados*

9. Los más antiguos vertebrados del registro fósil. Su medio ambiente original.
10. Los vertebrados actuales más primitivos. Inferencias sobre el vertebrado ancestral.
11. Grupos de invertebrados afines.
12. Los Conodontos y su relación con los vertebrados.

*V. Registro fósil de los vertebrados*

13. Peces. Ostracodermos, Placodermos. Acanthodios. Condrictios. Osteictios. Actinoptergios, Sarcopterigios.
14. Tetrápodos. Anfibios. Laberintodontos. Lepospóndilos. Lisanfibios. Reptiles Anápsidos. Escamosos. Euriápsidos. Arcosaurios. Tecodontos. Cocodrilos. Pterodáctilos. Dinosaurios y Aves. Reptiles Sinápsidos. Mamíferos. Mamíferos mesozoicos y metaterios. Mamíferos euterios.

*VI. Aplicaciones del estudio paleontológico de los vertebrados*

15. Inferencias paleoecológicas. Paleosalinidad. Paleotemperatura. Paleoclimatología.
16. Bioestratigrafía y biocronología. Biozonación en base a Vertebrados. Biocronología y linajes evolutivos.
17. Paleobiogeografía y crisis geodinámicas. Conexiones paleogeográficas. Biogeografía Histórica. Filogenia de áreas.
18. Modelos evolutivos. Relación ontogenia-filogenia. Heterocronías. Radiaciones, extinciones y crisis paleoambientales. Microevolución. Gradualismo y puntuacionismo.

*Prácticas*

1. Osteología I. Esqueleto de peces, anfibios y reptiles. Reconocimiento de elementos aislados y su conexión anatómica.
2. Osteología II. Esqueleto de aves y mamíferos. Reconocimiento de elementos aislados y su conexión anatómica.
3. Fosilización. Tipos de facies y yacimientos de vertebrados. Reconocimiento de restos directos e indirectos. Muestreos y censos. Icnología.
4. Reconocimiento de fósiles de vertebrados. (I). Peces. Restos aislados y restos en conexión.

5. Reconocimiento de fósiles de vertebrados. (II). Herpetos y Aves.
6. Reconocimiento de fósiles de vertebrados. (III). Mamíferos I. Mamíferos mesozoicos. Roedores, Insectívoros, Lagomorfos y Quirópteros.
7. Reconocimiento de fósiles de vertebrados. (IV). Mamíferos II. Carnívoros, Cetáceos, Proboscídeos y Ungulados.
8. Procesamiento de muestras. Tratamiento mecánico y químico. Trabajo individual sobre muestras reales.
9. Selección al microscopio. Trabajo sobre muestras reales.
10. Reconocimiento y montaje. Dibujo y medición.
11. Comparación, identificación y descripción. Datación de una asociación. Inferencias paleoambientales.
12. Publicaciones en Paleontología de vertebrados. Búsqueda y manejo de la bibliografía. Análisis y crítica. Principales revistas. Manejo de bases de datos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- CARROLL, R. L. (1988). *Vertebrate paleontology and evolution*. Freeman. New York. 698 pp.
- HILDEBRAND, M. (1974). *Analysis of vertebrate structure*. John Wiley & Sons. 710 pp.
- LÓPEZ, N. (coord.) (1988). *Guía de campo de los fósiles de España*. 3ª Ed. Pirámide. Madrid. 479 pp.
- MELÉNDEZ, B. (1986). *Paleontología II: peces, anfibios, reptiles y aves*. 2ª ed. Paraninfo. Madrid. 571 pp.
- MELÉNDEZ, B. (1990). *Paleontología III. Vol.1: Mamíferos (1ª parte)*. Paraninfo. Madrid. 383 pp.
- MELÉNDEZ, B. (1995). *Paleontología III. Vol.2: Mamíferos (2ª parte)*. Paraninfo. Madrid. 451 pp.
- OLSON, E. C. (1972). *Vertebrate paleozoology*. John Wiley & Sons. 839 pp.
- ROMER, A. S. (1966). *Vertebrate paleontology*. 3rd Ed. Univ. Chicago Press. Chicago. 687 pp.

## APLICACIONES INFORMÁTICAS EN GEOLOGÍA (191)

*Tipo de asignatura:* **Optativa. No incluida en grupos de especialidad**

*Créditos:* **4,5** (4,5 Teóricos)

*Departamento responsable:* **Informática y Automática**

*Curso:* **2º ciclo**

*Cuatrimestre:*

### CONTENIDOS

Lenguaje de programación. Programas estadísticos. Representaciones gráficas. Bases de datos. Uso de redes.

## ECONOMÍA APLICADA (192)

*Tipo de asignatura:* **Optativa**

*Créditos:* **4,5** (4,5 Teóricos)

*Departamento responsable:* **Economía Aplicada**

*Curso:* **Quinto**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

1. De la economía a la Economía de Mercado. La Economía como Ciencia Social. Conceptos básicos de la actividad económica. La clasificación de los sistemas económicos. Características generales de las economías capitalistas.
2. Introducción a la Microeconomía. El análisis microeconómico: Valores, precios y mercados. La oferta y sus determinantes. La demanda y sus determinantes. El equilibrio del mercado. El mercado intervenido: precios máximos y mínimos.
3. La Empresa I: Organización y Contabilidad. Tipologías y organización de la empresa. Objetivos de la empresa. El Balance y la cuenta de resultados. La financiación de la empresa.
4. La Empresa II: Tecnología, Producción y Costes. La función de producción y los rendimientos decrecientes. De la producción a los costes. Las curvas de costes a corto plazo. Los costes de producción y los rendimientos de escala.
5. La Empresa III: Ingresos y Beneficios. Ingreso total, medio y marginal. Las condiciones de equilibrio de la empresa. Maximización de beneficios o minimización de pérdidas. El horizonte temporal de la oferta: equilibrio a corto plazo.
6. La Competencia. Dos enfoques en la teoría de la competencia. La competencia perfecta. Los modelos de competencia imperfecta. La competencia de empresas costedeterminantes.
7. La Competencia Mundial. Las razones del comercio internacional. La teoría de la ventaja absoluta. La balanza de pagos. Los tipos de cambio.
8. Introducción a la Macroeconomía: La Renta Nacional. El flujo circular de la renta nacional. Renta nacional y valor añadido. Componentes de la Demanda agregada. El cuadro macroeconómico: la Contabilidad Nacional.
9. La Política Fiscal, El Dinero y La Política Monetaria. La política fiscal: impuestos, gastos, déficit y deuda. Concepto, funciones y creación del dinero. El sistema financiero de la economía. La política monetaria y la política económica.

10. Desempleo, Inflación, Estancamiento y Crisis. Inflación y desempleo. Los costes de la inflación y del desempleo. La dinámica del desarrollo: ondas largas y ciclos cortos. Las teorías de la crisis.

#### BIBLIOGRAFÍA

- GUERRERO, D. (1995). *Competitividad: teoría y política*. Ariel.
- MUÑOZ CIDAD, C. (1993). *Introducción a la Economía Aplicada*. Civitas.
- SAMUELSON, P. A. y NORDHAUS, W. D. (1993). *Economía*, MacGraw-Hill.

## INGLÉS TÉCNICO (193)

*Tipo de asignatura:* **Optativa. No incluida en grupos de especialidad**

*Créditos:* **4,5** (4,5 Teóricos)

*Departamento responsable:* **Filología Inglesa**

*Curso:* **2º ciclo**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *Introducción*

1. Artículos ingleses y equivalencias en español.
2. El nombre: expresiones concisas: nombres compuestos. Expresión de posesión.
3. El adjetivo: grados de comparación, comparaciones más exactas, uso de adverbios.
4. Verbos: *Be* y *have* en expresiones científicas, uso del presente en los verbos en general.
5. Verbos modales: modales con pasivas.
6. Verbos normales: regulares e irregulares.
7. Expresiones científico-técnicas impersonales: Pasiva inglesa - Impersonal español. *By* + agente. Pasivas con infinitivos. Pasiva y activa.
8. Más información a base de oraciones de relativo. Oraciones de relativo pasivas y activas. Oraciones de relativo reducidas.
9. Preposiciones. Adverbios.
10. Riesgo de traducir por similitud en la grafía de las palabras.
11. Grafía británica y americana.
12. Inglés británico y americano.

## LEGISLACIÓN (194)

*Tipo de asignatura:* **Optativa. No incluida en grupos de especialidad**

*Créditos:* **4,5** (4,5 Teóricos)

*Departamento responsable:* **Derecho Administrativo**

*Curso:* **2º ciclo**

*Cuatrimestre:*

## CONTENIDOS

Leyes relacionadas con el ejercicio profesional: hidrocarburos, aguas, minas, costas. Leyes ambientales. Legislación urbanística. Normativas técnicas. Responsabilidad civil.



## PLANETOLOGÍA (195)

*Tipo de asignatura:* **Optativa.**

*Créditos:* **3** (3 Teóricos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **2º ciclo**

### CONTENIDOS

1. Sesión introductoria. Problemas en Planetología.
2. Introducción al análisis de datos en Planetología: mapas, fotografías, imágenes, soportes informáticos.
3. Problemas geológicos en los cuerpos planetarios de tipo terrestre.
4. Problemas geológicos en Marte: paleoclimatología, geomorfología y tectónica.
5. Problemas geológicos en Venus: vulcanología y tectónica. Terrenos especiales: téseras, coronas.
6. Problemas geológicos en los satélites de los planetas gigantes.
7. Problemas geológicos en el Sistema Solar exterior: 1) Tectónica. Análisis de imágenes de Ganímedes e Io.
8. Problemas geológicos en el Sistema Solar exterior: 2) Magmatismo. Análisis de imágenes de Io y Tritón.
9. Problemas geológicos en el Sistema Solar exterior: 3) Energía. Análisis de imágenes globales de Encélado y Miranda.

### BIBLIOGRAFÍA

- ANGUITA, F. (1993). *Geología planetaria*. Mare Nostrum. Madrid. 132 pp.
- BEATTY, J. K. & CHAIKIN, A. (Eds.) (1990). *The new Solar System*. Sky Publishing Corporation. Cambridge. 326 pp.
- BURNS, J. A. & MATTHEWS, M. S. (Eds.) (1986). *Satellites*. University of Arizona. Tucson. 1021 pp.
- CARR, M. H. (1981). *The surface of Mars*. Yale University. New Haven. 232 pp.
- CATTERMOLE, P. (1994). *Venus: the geological story*. UCL. London. 250 pp.
- GREELEY, R. & BATSON, R. M. (Eds.) (1990). *Planetary mapping*. Cambridge University. Cambridge. 296 pp.
- HARTMANN W. K. (1993). *Moons and planets*. 3rd. Ed. Belmont. 509 pp.
- HEIKEN, G. H.; VANIMAN, D. T. & FRENCH, B. M. (Eds.) (1993). *Lunar sourcebook: a user's guide to the moon*. Cambridge University. Cambridge. 736 pp.
- HENBEST, N. (1992). *The planets*. Viking. London. 207 pp.
- WASSON, J. T. (1974). *Meteorites: classification and properties*. Springer-Verlag. Berlín. 316 pp.

## INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA

*Tipo de asignatura:* **Genérica**

*Créditos:* **6** (4 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Petrología y Geoquímica**

*Curso:* **Primero**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

1. La Geología en el contexto de la Ciencia actual. Geología y Ciencias de la Tierra. La aplicación del método hipotético-deductivo en Geología: actualismo y catastrofismo actualista.
2. Los procesos geológicos: conceptos fundamentales. El registro geológico y su interpretación.
3. Las escalas de los procesos geológicos: fenómenos microscópicos, locales, regionales y planetarios.
4. Ejemplos de procesos geológicos regionales: la geología de la Península Ibérica en el contexto de la geología europea.
5. El "tiempo geológico". Procesos instantáneos y procesos graduales. Lo discontinuo en la historia de la Tierra.
6. Ejemplos de procesos temporales en Geología. La evolución de la cuenca de Madrid. La evolución de la cadena hercínica.
7. Geología y sociedad. La Geología como profesión: campos de actuación y relación con otras profesiones. Geología aplicada y Geología ambiental. El geólogo y el dilema prospección-conservación. El geólogo como investigador: fronteras en las Ciencias de la Tierra.

### *Prácticas*

1. Comentario de publicaciones.
2. Observación de materiales geológicos y deducción de procesos de formación.
3. Observación a diferentes escalas: el microscopio, la muestra de mano, el afloramiento. Mapas y gráficos.
4. Análisis de una selección de mapas geológicos de España. Análisis del mapa geológico de Europa.

5. Visita al laboratorio de geocronología. Problemas de dataciones de rocas y estructuras geológicas.
6. Estudio de publicaciones sobre la cuenca de Madrid y el hercínico español.
7. Seminarios con geólogos procedentes de diversos campos de la actividad profesional.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, E. (Coord.) (1989). *Paleontología*. Ed. CSIC. Madrid. 433 pp.
- ANGUITA, F. (1988). *Origen e historia de la Tierra*. Ed. Rueda. Madrid. 525 pp.
- ANGUITA, F. (1993). *Geología planetaria*. Ed. Mare Nostrum. Madrid. 132 pp.
- ANGUITA, F. y MORENO, F. (1993). *Procesos geológicos externos y geología ambiental*. Ed. Rueda. Madrid. 311 pp.
- ANGUITA, F. y MORENO, F. (1991). *Procesos geológicos internos*. Ed. Rueda. Madrid. 232 pp.
- ARCHE, A. (Coord.) (1992). *Sedimentología*. Ed. CSIC. Madrid. 2 vol.
- GASS, T. G.; SMITH, P. J. y WILSON, R. C. L. (1980). *Introducción a las Ciencias de la Tierra*. Ed. Reverté. Barcelona. 398 pp.
- LEVIN, H. L. (1994). *The Earth through time*. Ed. Saunders. Fort Worth. 651 pp.
- PEDRAZA, J. (Coord.) (1981). *Geología y medio ambiente*. Ed. MOPU. Madrid. 463 pp.
- STRAHLER, A. N. (1994). *Geografía física*. Ed. Omega. Barcelona. 550 pp.

## GEOLOGÍA DEL PAISAJE

*Tipo de asignatura:* **Genérica**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Estratigrafía**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Geología y paisaje*

1. Los principales elementos, minerales y rocas que componen la superficie terrestre.
2. Las grandes estructuras geológicas de la Tierra: placas tectónicas, cuencas sedimentarias, orógenos y escudos; su expresión morfológica.
3. Características más destacables de los ambientes geológicos sedimentarios y erosivos: paisajes característicos a que dan lugar.
4. El paisaje y su análisis: conceptos y métodos de estudio. Elementos, componentes y factores geológicos de los paisajes.

#### *II. Geología y paisajes de la península ibérica y de otras regiones de España*

5. Las grandes unidades geológicas de la Península Ibérica y su expresión orográfica.
6. Las grandes cuencas terciarias post-alpinas: Duero, Tajo y Guadalquivir; composición litológica, estructura sedimentaria y tectónica, evolución histórica y paisajes resultantes; lugares singulares.
7. Las pequeñas cordilleras alpinas desarrolladas sobre el Macizo Hespérico: Catalánides e Ibérica; composición litológica, etc.
8. Las grandes cordilleras alpinas marginales al Macizo Hespérico: Pirineos y Béticas; composición litológica, etc.
9. El Macizo Hespérico y sus reactivaciones alpinas: Las cordilleras: Cantábrica, Tras Os Montes - Montes de León, Sistema Central - Sierra de la Estrella, Montes de Toledo y Sierra Morena; composición litológica, etc.
10. El Macizo Hespérico y sus reactivaciones alpinas: Cuencas post-apinas y relieves relacionados: Macizo Galaico, Penillanuras Extremeñas, La Cuenca del Bierzo y las pequeñas cuencas gallegas, la Cuenca de Ciudad Rodrigo y las pequeñas cuencas del Sistema Central, y las Vegas del Guadiana; composición litológica, etc.

11. Baleares, Canarias y otros territorios de España y de la Península Ibérica: composición litológica, etc.
12. Grandes y generales rasgos de la geología y paisajes de Europa y del Mediterráneo.

### Prácticas

1. Reconocimiento en laboratorio de los principales minerales y rocas que componen la superficie terrestre.
2. Características y uso de los documentos cartográficos mas usuales.
3. Análisis en el laboratorio de los elementos, componentes y factores geológicos que configuran el paisaje de lugares escogidos de España y de la Península Ibérica, mediante el estudio comparativo del mapa topográfico, mapa geológico, mapa de usos del suelo, fotografía aérea estereoscópica, ortoimágenes espaciales, imágenes, etc.
4. Identificación sobre el terreno, con ayuda de la documentación cartográfica correspondiente, de los elementos, componentes y factores geológicos de los paisajes de tres áreas seleccionadas del centro de España (Sistema Central, Cordillera ibérica, Cuenca del Tajo).
5. Estudio detallado de los elementos, componentes y factores geológicos del paisaje de un pequeño sector del Sistema Central / Cordillera Ibérica / o de la Cuenca del Tajo, mediante el estudio de imágenes, documentos cartográficos y bibliografía.

### BIBLIOGRAFÍA

- BIELZA DE ORY, V. (Coord.) (1989). *Territorio y sociedad en España, I*. Geografía Física. Taurus. Madrid. 441 pp.
- BOLÓS, M. (Dir.) (1992). *Manuel de la Ciencia del Paisaje*. Masson S.A.. Barcelona. 273 pp.
- BOSQUE, J. y VILÁ, J. (1989) *Geografía de España*. Planeta. 11 vol.
- COMBA, J. A. (Coord.) (1983). *Geología de España* (Libro Jubilar J.M.Rios). IGME .Madrid. I, 656 pp., II, 752 pp.
- ESCRIBANO, M. M.; DE FRUTOS, M.; IGLESIAS, E.; MATAIX, C y TORRECILLA, I. (1991). *El paisaje*. Unidades Temáticas Ambientales (Secr. Est. Polit. Agua y el Medio Ambiente, MOPT (Madrid), 117 pp.
- FOUCAULT, A. y RAOULT J. F. (1985). *Diccionario de Geología*. Masson S.A. .Barcelona. 316 pp.
- GONZÁLEZ, F. (1981). *Ecología y paisaje*. Blume Ediciones .Madrid. 250 pp.
- GUTIÉRREZ, M. (Coord.) (1994). *Geomorfología de España*. Editorial Rueda. Madrid. 526 pp.
- LÓPEZ, M. L. (1971). *Manual de fotogeología*. JEN. Madrid. 287 pp.
- PEDRAZA, J. (1996) *Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones*. Editorial Rueda (Alcorcón) 414 pp.
- PÉREZ, A. et al. (Coord.) (1989). *Mapa del Cuaternario de España 1/1.000.000*. IGME. Madrid. 279 pp.
- PUYOL, R. (Dir.) (1990). *Geografía de España*. De Síntesis, 4 vol.
- SOLÉ, L. et al. (1949). *I. Geografía Física (in Geografía Universal, Península Ibérica)*. Montaner y Simón. Barcelona. 497 pp.
- VARIOS, (1986). *Guía física de España*. Alianza Editorial, El Libro de Bolsillo, 5 vol.

## FUNDAMENTOS DE GEOLOGÍA Y EVOLUCIÓN DE LA BIOSFERA

*Tipo de asignatura:* **Genérica**

*Créditos:* **6** (4 Teóricos + 2 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Cuatrimestre:* **Segundo**

### CONTENIDOS

#### *I. Introducción*

1. La Geología como ciencia. Concepto y método. Etapas del desarrollo de la Geología y el evolucionismo.

#### *II. El planeta tierra y sus materiales*

2. El origen de la Tierra y del Sistema Solar. La acreción planetaria.
3. La estructura de la Tierra. Composición de las capas terrestres. Los flujos de energía.
4. Los materiales terrestres. Los sistemas cristalinos. Los minerales: propiedades y clasificación. Minerales y rocas.

#### *III. Dinámica terrestre*

5. La dinámica global. Introducción a la Tectónica de Placas.
6. Los procesos geológicos internos: Metamorfismo, Magmatismo y Tectónica. Los Orógenos. Caracteres generales. La evolución de la corteza.
7. Geodinámica externa: La atmósfera. Composición y divisiones. El balance energético. Zonas climáticas. La hidrosfera. El ciclo hidrológico. La circulación oceánica.
8. La meteorización. Meteorización mecánica y química. Los suelos. Composición y estructura. Factores de formación. Tipos de suelos. Los fenómenos de ladera.
9. El agua en los continentes: Los ríos y los glaciares. Erosión, transporte y sedimentación. El agua subterránea. La circulación kárstica. Modelado kárstico. El viento. Erosión, transporte y sedimentación eólica.
10. El paisaje de los continentes. Factores condicionantes. Los sistemas morfoclimáticos.

11. El agua en los océanos: La dinámica litoral. Formas de erosión y de acumulación. El relieve submarino. La sedimentación oceánica.
12. Sedimentos y rocas. La litificación. Propiedades de las rocas sedimentarias. Los estratos y las series sedimentarias.

#### *IV. Geología e historia de la vida*

13. El tiempo en geología. Métodos de datación. Biocronología geológica.
14. Paleontología. La fosilización. Propiedades del registro fósil.
15. Paleoecología. Evidencias fósiles de actividad biológica. La reconstrucción de los ecosistemas del pasado.
16. Paleobiogeografía. La distribución de los organismos en la historia de la Tierra.
17. Paleontología evolutiva. Especiación, radiación y extinción. La evolución de la forma orgánica.
18. Patrones filogenéticos. Crisis y cambios en la diversidad de la biosfera. Los grandes ciclos geológicos y la historia de la vida.

#### *V. Episodios en la evolución de la biosfera*

19. El origen de la vida y los primeros organismos. La diversificación de los metazoos. El desarrollo del esqueleto.
20. La vida en los océanos paleozoicos. La conquista de los continentes. La crisis del Pérmico.
21. La expansión de los reptiles. El vuelo de los vertebrados. La extinción del límite Cretácico-Terciario.
22. La radiación de los mamíferos. El origen del hombre.

#### *Prácticas*

1. Reconocimiento de los minerales más comunes.
2. Estudio de rocas endógenas.
3. Estudio de rocas exógenas.
4. Lectura e interpretación de mapas topográficos.
5. Estudio de mapas geológicos I.
6. Estudio de mapas geológicos II.
7. Estudio de mapas geológicos III.

8. Reconocimiento de los principales grupos de fósiles I.
9. Reconocimiento de los principales grupos de fósiles II.
10. Reconocimiento de los principales grupos de fósiles III.
11. Resolución de cortes geológicos y problemas de Geología Histórica.
12. Problemas de Geología Histórica.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ANGUITA, F. (1988). *Origen e historia de la Tierra*. Rueda. Madrid. 525 pp.
- ANGUITA, F. y MORENO, F. (1993). *Procesos geológicos externos y Geología Ambiental*. Rueda. Madrid. 311 pp.
- ANGUITA, F. y MORENO, F. (1991). *Procesos geológicos internos*. Rueda. Madrid. 232 pp.
- BRIGGS, D. E. G. & CROWTHER, P. R. (Eds.) (1990). *Paleobiology: a synthesis*. Blackwell. Oxford. 583 pp.
- COWEN, R. (1995). *History of life*. 2nd. Ed. Blackwell. Boston. 462 pp.
- LÓPEZ, N. (coord.) (1988). *Guía de Campo de los Fósiles de España*. 3ª ed. Pirámide. Madrid. 479 pp.
- LÓPEZ, N. y TRUYOLS, J. (1994). *Paleontología: conceptos y métodos*. Síntesis. Madrid. 334 pp.
- MONTGOMERY, C. W. (1993). *Fundamentals of Geology*. 2nd ed. Wm. C. Brown Publ. Dubuque. 334 pp.
- SKELTON, P. (Ed.) (1993). *Evolution: a Biological and Palaeontological Approach*. Addison-Wesley. Wokingham. 1064 pp.
- STRAHLER, A. N. (1987). *Geología física*. Omega. Barcelona. 629 pp.



## PALEOBIOLOGÍA

*Tipo de asignatura:* **Genérica**

*Créditos:* **6** (3 Teóricos + 3 Prácticos)

*Departamento responsable:* **Paleontología**

*Cuatrimestre:* **Primero**

### CONTENIDOS

#### *I. Registro fósil*

1. Los fósiles: su valor como documento de procesos dinámicos naturales. Bioestratigrafía.
2. Registro fósil y biodiversidad.
3. Paleontología y Arqueología. Fósiles humanos.

#### *II. Tafonomía y Paleobiología*

4. Biocenosis del pasado. Limitaciones extrínsecas del registro fósil. Tafonomía. Bioestratigrafía. Diagnóstico diferencial, en los estudios químicos, entre procesos tafonómicos diagenéticos y otras posibilidades etiológicas de muy distinta naturaleza. Bioerosión. Paleocnología.
5. Desarrollo ontogénico. Paleoembriología. Paleopatología. Paleodemografía. Paleoepidemiología.
6. Funciones vitales. Genética molecular. Paleobioquímica. Paleofisiología. Paleotología. Paleoneurología.

#### *III. Paleobiogeografía*

7. Biogeografía. Corología. Unidades biogeográficas. Biogeografía Ecológica. Biogeografía Insular. Biogeografía Histórica.
8. La evidencia paleontológica y la tectónica global. Paleoclimatología.
9. Cambios paleogeográficos y vías migratorias. Modelos migratorios. Efectos sobre los taxones y las faunas.
10. Ambientes paleogeográficos. Su ocupación por las formas de vida. Modos de vida y "facies".

#### *IV. Paleoecología*

11. Estudio y descripción de ecosistemas fósiles. Productividad.
12. Modelos de cambio climático. Paleoambientes.
13. Evolución de los ecosistemas y crisis geobiológicas. Modelos de extinción.
14. Primeras formas de vida. Los primeros metazoos. Ecosistemas del Cámbrico. La conquista del medio terrestre y la vida en el Paleozoico.
15. Nuevas formas de vida del Mesozoico y Cenozoico. Fragmentación de la Pangea. Las orogenias alpinas.
16. Neógeno y Cuaternario. las orogenias postalpinas. La reducción del Mediterráneo y las glaciaciones Cenozoicas. Su relación con la evolución de los Placentados, el origen del hombre y los ecosistemas actuales.

#### *V. Paleontología evolutiva*

17. La teoría evolutiva y la evidencia paleontológica. Filogenia y desarrollo ontogénico. Características básicas de la ontogenia. Concepto y cuantificación de la heterocronía. Procesos de heterocronía y consecuencias evolutivas.
18. El problema de la especie en Paleontología. La especiación según el registro fósil. Modos de evolución.
19. Progreso biológico. Cladogénesis y extinciones. Modelos generalistas de evolución: tiempos, magnitudes y tasas de evolución. Fósiles pancrónicos.
20. Desarrollo histórico y crítica de las teorías evolucionistas. Modalidades evolutivas. Teoría sintética. Equilibrio puntuado. Micro y macroevolución. Biología del desarrollo y evolución. Organotaxismo.
21. Morfogénesis y adaptación. Paisaje adaptativo. Tipo organizativo, modo de vida y hábitat. Ejemplos en el registro fósil. Tipos de adaptación. Concepto de adaptación y el problema de las preadaptaciones. Métodos de análisis morfológico-funcional. Morfología construccional.

#### *VI. Grupos extinguidos*

22. Problemática del estudio de taxones sin representantes actuales. Reconstrucción Paleobiológica y Paleoecológica en distintos grupos extinguidos. Contribución, en sistemática biológica, de los estudios paleoquímicos y ontogénicos.

### Prácticas

1. Fosilización y estados de conservación de los restos organógenos. Tipos de fosilización.
2. Ejemplos de fosilización en diferentes grupos taxonómicos. Relaciones tafonómicas, a nivel individual, entre restos orgánicos y sedimentos.
3. Paleoicnología. Métodos de estudio. Problemática de las clasificaciones icnológicas. Ejemplos en el registro fósil.
4. Biofacies marinas y mixtas. Biofacies dulceacuícolas y terrígenas. Ejemplos en el registro fósil.
5. Macroforaminíferos.
6. Paleobotánica.
7. Poríferos y Cnidarios.
8. Moluscos Gasterópodos, Pelecípodos y Cefalópodos.
9. Trilobites. Braquiópodos. Equinodermos.
10. Pisciformes. Anfibios. Reptiles.
11. Evolución de la dentición en mamíferos. Identificación de piezas dentarias en Perisodáctilos, Artiodáctilos, Proboscídeos y Carnívoros.

### BIBLIOGRAFÍA

- DOBZHANSKY, T.; AYALA, F.J.; STEBBINS, G. L. & VALENTINE, J. W. (1980). *Evolution*. Omega. Barcelona. (Trad. española).
- ELDREDGEN, N. y CRACRAFT, J. (1980). *Phylogenetic Patterns and the evolutionary process*. Columbia Univ. Press. New York.
- GOULD, S. J. (1977). *Ontogeny and Phylogeny*. Belknap Harvard. Cambridge.
- HALLAM, A. (Ed.) (1973). *Atlas de Paleobiogeografía*. Elsevier Scientific. Amsterdam, 531pp.
- MELÉNDEZ, B. (1977). *Paleontología. Tomo I. Parte General e Invertebrados*. Editorial Paraninfo. Madrid
- RAUP, D. M. y STANLEY, S. M. (1978). *Principios de Paleontología*. Editorial Ariel. Barcelona
- NITECKI, M. H. (1981). *Biotic Crises in Ecological and Evolutionary Time*. Academic Press. New York.
- ROGER, J. (1980). *Paleoecología*. Ed. Paraninfo. Madrid.
- SHIPMANN, P. (1981). *Life History of a fossil. An introduction to taphonomy and Paleocology*. Harvard Univ. Press. Cambridge. Massachusetts.
- TASCH, P. (1989). *Paleobiology of the Invertebrates. Data retrieval from the fossil record*. John Wiley & Sons. New York. 975 pp.

3

---

**ÍNDICE ALFABÉTICO DE LAS  
ASIGNATURAS**



## ÍNDICE ALFABÉTICO

Ampliación de Mineralogía. Comportamiento Mineral (139).....	112
Análisis Geoambiental y Planificación Territorial (155).....	150
Análisis Geomorfológico (112) .....	39
Aplicaciones Informáticas en Geología (191) .....	229
Biosedimentación (125).....	78
Cartografía Básica (105).....	21
Cartografía Estructural (167) .....	176
Cartografía Geológica (124).....	81
Cartografía Medioambiental y Teledetección (156).....	152
Crecimiento de Cristales en Medios Sedimentarios (176) .....	196
Cristalografía I (100) .....	23
Cristalografía II (106) .....	25
Criterios de Reconstrucción Paleogeográfica (140) .....	114
Cuencas y Cordilleras Alpinas (168) .....	178
Diagénesis de Rocas Carbonáticas y Salinas (177).....	198
Diagénesis de Rocas Siliciclásticas y de la Materia Orgánica (178).....	201
Economía Aplicada (192) .....	230
Edafología I (157) .....	155
Edafología II (158) .....	157
Estratigrafía (110) .....	42
Estratigrafía del Subsuelo (179).....	204
Estructura y Propiedades Físicas de los Minerales (147).....	130
Evaluación de Recursos Energéticos en las Cuencas Sedimentarias (180).....	206
Física (102).....	27
Fundamentos de Geología y Evolución de la Biosfera .....	239
Génesis y Evolución de Cuencas (141).....	116
Geoestadística (107) .....	31
Geofísica (126) .....	85
Geología Ambiental (134) .....	88
Geología de Cadenas y Macizos Antiguos (169).....	180

Geología de Campo (146) .....	129
Geología de Cuerpos Intrusivos (170).....	183
Geología de España (136).....	90
Geología de Minas (148) .....	132
Geología del Paisaje.....	237
Geología Estructural I (109).....	44
Geología Estructural II (171) .....	185
Geología Histórica (135) .....	92
Geología Marina (142) .....	118
Geomorfología (101) .....	33
Geoquímica (137).....	94
Hidrogeología (130).....	97
Hidrogeología Cuantitativa (159).....	159
Hidroquímica y Contaminación (160) .....	161
Ingeniería Geológica (131) .....	100
Ingeniería Geológica Aplicada (161) .....	163
Inglés Técnico (193) .....	232
Introducción a la Geología .....	235
Legislación (194) .....	233
Mapas Estratigráficos (143) .....	120
Matemáticas (103) .....	35
Mecánica de Rocas (172) .....	187
Medios Sedimentarios (119).....	61
Metamorfismo (173) .....	190
Micropaleontología Aplicada (184) .....	214
Micropaleontología General (144).....	121
Minerales de Interés Gemológico (150).....	138
Minerales Industriales (149).....	135
Mineralogía de Menas (151).....	140
Mineralogía I (108).....	48
Mineralogía II (113) .....	50
Modelización de Almacenes Sedimentarios (181) .....	208
Neotectónica y Sismotectónica (162).....	166
Paleobiología.....	242
Paleobotánica y Palinología (185) .....	216

Paleoecología (145).....	124
Paleontología (111).....	53
Paleontología Aplicada (114).....	56
Paleontología Estratigráfica (186).....	218
Paleontología Evolutiva (187).....	220
Paleontología Humana (188).....	222
Paleozoología de Invertebrados (189).....	224
Paleozoología de Vertebrados (190).....	226
Petrofísica (138).....	126
Petrología Ígnea y Metamórfica I (117).....	63
Petrología Ígnea y Metamórfica II (120).....	66
Petrología Sedimentaria I (116).....	69
Petrología Sedimentaria II (122).....	71
Planetología (195).....	234
Procesos Morfogenéticos y Riesgos Naturales Asociados (163).....	169
Prospección Geofísica I (132).....	103
Prospección Geofísica II (152).....	142
Prospección Geoquímica y Geoquímica Ambiental (133).....	104
Química (104).....	36
Recursos Energéticos: Geología del Carbón (129).....	106
Recursos Energéticos: Geología del Petróleo (128).....	108
Recursos Minerales (127).....	110
Registro Sedimentario y Cambios Globales (164).....	172
Riesgo Volcánico (166).....	175
Riesgos Naturales en Sistemas Sedimentarios (165).....	174
Rocas Industriales (153).....	145
Sedimentación en Cuencas en Régimen Compresivo y Direccional (182)....	210
Sedimentación en Cuencas en Régimen Distensivo (183).....	212
Técnicas de Caracterización Mineral (123).....	83
Técnicas Instrumentales Geoquímicas (174).....	192
Tectónica (121).....	74
Termodinámica Química (115).....	59
Trabajo de Campo (118).....	77
Volcanismo (175).....	194
Yacimientos Sedimentarios (154).....	148





