



Máster en Geología: Técnicas y Aplicaciones 60441 - Estudio integrado de cuencas

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 5.0

Información básica

Profesores

- **Enrique Arranz Yagüe** earranz@unizar.es
- **Blanca Bauluz Lázaro** bauluz@unizar.es
- **Carlos Luis Liesa Carrera** carluis@unizar.es
- **Ángel González Rodríguez** agonzal@unizar.es
- **Ana Rosa Soria De Miguel** anasoria@unizar.es
- **María Teresa Román Berdiel** mtdjrb@unizar.es
- **Guillermo Meléndez Hevia** gmelende@unizar.es
- **José Ángel Sánchez Navarro** joseange@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Es recomendable que los estudiantes tengan conocimientos básicos de Estratigrafía, Procesos y Medios Sedimentarios, Geología Estructural, Tectónica, Geofísica y Petrología. Dichos conocimientos básicos se adquieren habiendo cursado cualquier Licenciatura o Grado en Geología, por lo que los estudiantes admitidos al Master no deberían tener dificultad en el desarrollo de la asignatura.

Para el mejor aprovechamiento de la asignatura se recomienda al estudiante el seguimiento continuo de la misma, pues gran parte de las actividades (teóricas, prácticas de gabinete y de campo) están concatenadas.

Actividades y fechas clave de la asignatura

El inicio y finalización de la asignatura tendrá lugar según al calendario establecido por la Facultad de Ciencias para las asignaturas del segundo semestre (ver página Web de la Facultad)

- Las clases presenciales (Teoría, Prácticas de Gabinete/Problemas y Prácticas de Campo) se desarrollarán en el horario debidamente establecido y disponible en la Web de la Facultad y se iniciarán en la primera semana a partir del inicio del calendario académico del segundo semestre. Las fechas de las dos salidas de campo también estarán especificadas en el correspondiente calendario disponible en la página Web del Departamento de Ciencias de la Tierra.
- Los alumnos deberán entregar los cuestionarios teórico-prácticos resueltos en la fecha que les indique el profesorado.

- A finales de Abril los estudiantes deberán entregar la Memoria de actividades desarrolladas en Gabinete incluyendo una evaluación/discusión general del conjunto de todas ellas que desarrollan, en gran parte, un caso práctico del estudio de una cuenca extensional.

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:**
Conoce los rasgos estratigráficos y tectónicos principales de las cuencas sedimentarias (extensionales y compresivas).
- 2:**
Maneja las distintas metodologías para la caracterización del relleno sedimentario, la reconstrucción de paleoambientes y la relación de éstos con las estructuras tectónicas contemporáneas (tanto en aspectos geométricos como de unidades sedimentarias).
- 3:**
Conoce los efectos que genera la actividad tectónica en el relleno sedimentario y los modelos sedimentarios desarrollados en diferentes contextos estructurales.
- 4:**
Conoce los diferentes modelos tectónicos que generan las cuencas sedimentarias y el marco geodinámico en el que se enmarcan.
- 5:**
Es capaz de manejar los programas básicos de análisis de datos paleomagnéticos en el estudio de tectónica regional y domina las técnicas básicas de la interpretación de datos de fábricas magnéticas, y de datos paleomagnéticos, para su aplicación en tectónica y/o magnetoestratigrafía.
- 6:**
Conoce y maneja las principales técnicas de modelización analógica (materiales analógicos y dispositivos experimentales) aplicadas al estudio de procesos tectónicos e interpreta correctamente los resultados obtenidos planteando hipótesis sobre las condiciones necesarias para la formación y desarrollo progresivo de cuencas.
- 7:**
Conoce las principales técnicas físico-químicas aplicadas a la reconstrucción de la evolución de cuencas.
- 8:**
Conoce los modelos hidrogeológicos que se han desarrollado para grandes cuencas.
- 9:**
Entiende y es capaz de determinar la importancia relativa de los procesos geológicos que controlan la formación y evolución de las cuencas sedimentarias.
- 10:**
Es capaz de operar como profesional independiente en el campo de las cuencas sedimentarias.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura plantea el estudio de las principales técnicas, procedentes de los distintos campos del saber de la Geología (Tectónica, Geología Estructural, Estratigrafía, Sedimentología, Paleogeografía, Petrolología, Mineralogía e Hidrogeología), para poder abordar el estudio integrado de las cuencas sedimentarias. Primero se presentan unas nociones teóricas básicas sobre subsidencia, isostasia, así como de los modelos geodinámicos y distintos contextos geológicos en los que se forman las cuencas sedimentarias. En el segundo y tercer bloque se tratan las distintas metodologías de estudio de las cuencas

extensionales y compresivas, respectivamente, con especial énfasis en la integración de los estudios estratigráficos y estructurales. También se estudian distintos modelos de evolución de las cuencas, los modelos sedimentarios principales, el magmatismo y volcanismo relacionados con los procesos tectónicos, así como el hidrotermalismo y mineralizaciones asociadas a dichas cuencas. En un cuarto bloque se abordan otros tipos de estudios y metodologías que permiten completar el estudio integrado de cuencas y plantear otros tipos de modelos de evolución. Entre ellos destacamos: la reconstrucción paleoambiental de las sucesiones sedimentarias, la utilidad de las técnicas geofísicas para caracterizar la geometría del subsuelo, el uso de la tectónica experimental para la construcción de modelos analógicos de formación y evolución de cuencas sedimentarias, las aplicaciones del paleomagnetismo (magnetoestratigrafía y fábricas magnéticas) en estudios tectónicos de cuencas, el uso de técnicas físico-químicas (evolución térmica a partir de fracciones orgánica e inorgánicas o estudio de diagénesis-metamorfismo) aplicadas al estudio de la evolución de cuencas y, finalmente, los principales modelos hidrogeológicos asociados a grandes cuencas sedimentarias.

En las sesiones prácticas y de campo se van presentando y usando las distintas metodologías para el estudio integrado de cuencas extensionales aplicado, en la medida de lo posible, a un caso práctico (p.ej. *la cuenca de rift intracontinental de Galve*, Cretácico inferior, Cordillera Ibérica), y que incluye, entre otros, la toma de datos estratigráficos y estructurales de campo, el análisis fotogeológico, la correlación de columnas estratigráficas y sedimentológicas teniendo en cuenta la información estructural, la caracterización del modelo tectónico de la cuenca, la reconstrucción de la geometría en profundidad de las fallas normales, la determinación de la profundidad del nivel de despegue, por varios métodos, y del factor de extensión, el análisis de la subsidencia y la interpretación tectono-sedimentaria general de dicha cuenca extensional.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

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

La asignatura *Estudio Integrado de Cuencas* se enmarca en una línea de aprendizaje multidisciplinar con un peso importante en el análisis y uso de las metodologías para el estudio de las interrelaciones entre aspectos estratigráfico-sedimentológicos y tectónico-estructurales. No obstante, estos análisis y estudios también se interrelacionan necesariamente con aspectos petrológicos, geofísicos, morfológicos y geomorfológicos, mineralógicos, paleontológicos y paleogeográficos para así alcanzar un estudio integrador de las cuencas sedimentarias.

Los objetivos generales:

- Conocer los rasgos estratigráficos y tectónicos principales de las cuencas sedimentarias (extensionales y compresivas).
- Manejar las distintas metodologías para la adquisición de datos y la caracterización del relleno sedimentario, la reconstrucción de paleoambientes y la relación de éstos con las estructuras tectónicas contemporáneas (tanto en aspectos geométricos como de unidades sedimentarias).
- Conocer los efectos de la actividad tectónica en el relleno sedimentario y los modelos sedimentarios desarrollados en diferentes contextos estructurales.
- Conocer los diferentes modelos tectónicos que generan las cuencas sedimentarias y el marco geodinámico en el que se enmarcan.
- Tener capacidad para manejar los programas básicos de análisis de datos paleomagnéticos en el estudio de tectónica regional.
- Conocer y manejar las principales técnicas de modelización analógica aplicadas al estudio de la formación e inversión de cuencas.
- Conocer las principales técnicas físico-químicas para reconstruir la evolución de cuencas.
- Conocer los modelos hidrogeológicos desarrollados para grandes cuencas.
- Entender y ser capaz de determinar la importancia relativa de los procesos geológicos que controlan la formación y

evolución de las cuencas sedimentarias.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Por el marcado carácter pluridisciplinar, esta asignatura supone un campo de aprendizaje útil para buena parte de las líneas de especialización que se quieran abordar tras cursar el Master de Geología: Técnicas y Aplicaciones. La realización de esta asignatura tiene sentido especialmente para todos aquellos investigadores en Geología que se quieran iniciar su especialidad en aspectos relacionados con las ramas de Estratigrafía y Geodinámica Interna. En la asignatura se trabajan y se asientan buena parte de las metodologías específicas de dichas ramas de conocimiento y se desarrollan otras específicas que relacionan ambos campos entre sí y también con otros campos de la geología.

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

1:

Competencias básicas, generales y transversales:

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG2 - Ser capaces de intercambiar y debatir la información procedente de diversas fuentes de información (escrita, oral, numérica, gráfica).

CG4 - Preparar, procesar, interpretar y presentar datos usando las técnicas cualitativas y cuantitativas adecuadas, así como los programas informáticos adecuados.

CT2 - Ser capaces de gestionar, discriminar y seleccionar las fuentes de información bibliográfica.

2:

Competencias específicas:

Cursando esta asignatura el estudiante adquiere como competencias específicas:

1) Una visión integrada de los aspectos fundamentales (tectónicos, estructurales, estratigráficos, sedimentarios, geofísicos, paleontológicos, sedimentológicos, hidrogeológicos, diagenéticos, metamórficos) a través del estudio de cuencas sedimentarias.

2) Las destrezas necesarias para la toma de datos en el campo y el procesado de los mismos y la interpretación de los resultados obtenidos.

3) La planificación, organización, conducción y exposición de investigaciones sobre modelizaciones experimentales de procesos tectónicos, y en especial de la formación y evolución de cuencas.

4) Desarrollar la capacidad de integración de varios tipos de evidencias para formular y probar hipótesis sobre la formación y evolución de cuencas.

5) Desarrollar la capacidad de Interpretación los datos de fábricas magnéticas y de paleomagnetismo para su aplicación en tectónica y geología estructural.

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

Los objetivos y competencias que forman esta asignatura son relevantes porque suponen el uso combinado de diferentes metodologías y una discusión de los resultados provenientes de cada una de ellas con el fin de establecer un modelo de cuenca en el que se interrelacionen fundamentalmente los aspectos estratigráficos y tectónicos y se consideren asimismo otros pertenecientes a otras disciplinas (Petrología, Paleontología, Geodinámica Externa).

El estudio integrado de una cuenca sedimentaria es en si mismo una importante línea de investigación en geología tanto en su vertiente puramente científica como aplicada. Desde el punto de vista científico el uso combinado de metodologías procedentes de diversas ramas de la geología para el estudio de las cuencas sedimentarias es relativamente reciente y está en continuo desarrollo. Desde el punto de vista aplicado, los estudios integrados de las cuencas sedimentarias y en especial de las distintas facies sedimentarias en relación con las estructuras tectónicas sinsedimentarias permite, en primer lugar, el establecimiento de la arquitectura estratigráfica 3D del registro estratigráfico. Esto es de especial relevancia para la caracterización de las unidades sedimentarias como reservorios o almacenes geológicos o para la evaluación del posible aprovechamiento de cualquier recurso que dichas unidades puedan contener (agua, minerales, petróleo, gas,...), por lo que los alumnos que cursen y adquieran las capacidades de esta asignatura ampliarán además de sus capacidades investigadoras sus capacidades laborales en ramas tan importantes como la Geología del Petróleo o el almacenamiento geológico profundo de CO₂, de especial relevancia para la lucha contra el cambio climático. Finalmente, con esta asignatura se permite al alumno discutir y cuestionar los resultados obtenidos en las prácticas y cuestionarios teóricos y hacer interpretaciones debidamente razonadas como algo necesario en una carrera investigadora.

Evaluación

Actividades de evaluación

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

1:
Evaluación Continua

1. Evaluación de cuestionarios teórico-prácticos (uno por cada bloque temático). Cada cuestionario será evaluado de 0 a 10, aunque no todos necesariamente tendrán el mismo peso relativo en la nota final. La nota final de esta actividad de evaluación se computará como la media ponderada (según el peso relativo de cada prueba) de las calificaciones obtenidas.
2. Evaluación de un trabajo práctico personal e individual. Podrá consistir en un informe que incluya todas o parte de las actividades prácticas (de campo, gabinete y ordenador) realizadas de un caso práctico durante el curso, y se presente de manera ordenada y razonada los datos, resultados e interpretaciones realizadas. El informe incluirá un apartado final de análisis y discusión general de los resultados y conclusiones más significativos. Esta actividad será evaluada de 0 a 10.

2:
Evaluación global

Los estudiantes que no hayan seguido de manera presencial la asignatura, y los que siguiéndola así lo deseen, tendrán derecho a una prueba global de evaluación que consistirá en una prueba teórico-práctica del conjunto de contenidos de la asignatura. Esta prueba será evaluada de 0-10.

Criterios de Evaluación

Los criterios seguidos para la evaluación de la asignatura son

Criterios generales

- En la evaluación de todas las actividades se tendrá en cuenta la concisión y claridad en las respuestas, la justificación de éstas, y la capacidad crítica de análisis de los resultados obtenidos y de sus implicaciones prácticas.
- Para superar la asignatura la nota final deberá ser igual o superior a 5 (sobre 10).

En la evaluación continua

- Los cuestionarios teórico-prácticos supondrán en 70% de la nota final.

- El trabajo práctico personal supondrá el 30% de la calificación final.

En la Evaluación global

- La prueba teórico-práctica supondrá el 100% de la nota final.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

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

El proceso de aprendizaje consta de varias acciones formativas complementarias: clases teóricas o magistrales, trabajos docentes o seminarios, resolución de problemas y casos, prácticas de laboratorio y prácticas de campo.

Las **clases teóricas** se dedican al refuerzo y presentación de conocimientos básicos sobre las distintas temáticas. Están diseñadas como clases teórico-participativas y están estructuradas en varios bloques temáticos. Primero se hace una introducción expositiva de los conocimientos principales de la unidad (recogidos en apuntes que incorporan bibliografía recomendada de consulta). Seguidamente se entregan cuestionarios teórico-prácticos que los alumnos deben resolver y entregar en el plazo de 1-2 semanas, según el caso. Los cuestionarios son evaluados y luego comentados y discutidos entre estudiantes y profesor tratando de buscar un aprendizaje significativo de los conocimientos de la unidad.

Los **seminarios** se presentan y discuten algunos aspectos concretos de la materia y tendrán un carácter similar a las clases magistrales.

La **resolución de problemas y casos**, se realizarán tanto en sesiones de gabinete como de ordenador. En esta actividad se van introduciendo de una manera progresiva las distintas metodologías para el estudio integrado de cuencas sedimentarias, aplicándolas fundamentalmente a un caso práctico.

Las **prácticas de laboratorio** en la que se realizarán modelos analógicos de cuencas sedimentarias se plantean como una manera significativa de analizar la evolución y cinemática de las mismas en regímenes compresional o extensional.

En las **prácticas de campo** (dos salidas) se adquiere la metodología de adquisición de datos, fundamentalmente de carácter estructural y estratigráfico-sedimentológico de una cuenca extensional y de una cuenca compresiva, respectivamente. Los datos y observaciones realizados en una de las salidas serán usados en los análisis e interpretaciones realizadas en gabinete en el caso práctico.

Con la elaboración del informe de las prácticas de gabinete/ordenador y de prácticas de campo, que recogerá dichas actividades, los resultados obtenidos y una discusión de los mismos se pretende que el estudiante vaya aplicando los conocimientos adquiridos así como una pauta metodológica que puede ser útil para el estudio e investigación de cualquier otra cuenca y de las relaciones tectónica-sedimentación tanto en régimen extensional como en otros regímenes tectónicos.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

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

1:

I. Teoría

Bloque 1: Generalidades (1 hora)

1. Principales tipos de cuencas extensionales y en régimen compresivo.

1. Tipos de cuencas (extensionales, compresivas, transtensivas y transpresivas) y su relación con la tectónica de placas. (0,5 hora)

2. Subsistencia e isostasia en la generación de cuencas sedimentarias. (0,5 hora)

1. Subsistencia y tipos de subsistencia: por extensión de la corteza, térmica y debida a flexión por carga.

2. Isostasia: parametrización y cálculo de la isostasia.

Bloque 2: Integración de estudios estratigráficos y estructurales en cuencas extensionales (5 horas)

- 1. Clasificaciones y características geométricas del relleno sedimentario en cuencas extensionales** (cuencas de rift). (1 hora)
 1. Evolución temporal de un rift (fases) y terminología estratigráfica. Fases de rifting y de postrift. Series prerift, sinrift y postrift y discontinuidades sinrift y postrift.
 2. Clasificaciones geométrica, cinemática, dinámica o genética y estructural de un rift. Problemática de las clasificaciones.
 3. Características geométricas del relleno sedimentario en cuencas de rift simétricas, asimétricas y complejas.
- 2. Tectónica de fallas normales y restitución y validación de cortes en tectónica extensional.** (1 horas)
 1. Nociones sobre tectónica de fallas normales: Características de las falla normales y geometría en profundidad. Asociaciones de fallas normales. Pliegues asociados a fallas normales. Modelos cinemáticos.
 2. Restitución y validación de cortes: Introducción, conceptos y terminología. Tipos de restituciones: métodos de cuerpos rígidos, deslizamiento flexural, cizalla simple (vertical y oblicua), restitución por áreas (relaciones área-profundidad).
 3. Relaciones tectónica-sedimentación. Falla sinsedimentaria y estudio de su actividad. Modelos geométricos de las relaciones tectónica-sedimentación para fallas simples y para asociaciones de fallas.
- 3. Iniciación y evolución de rifts y modelos sedimentarios en cuencas extensionales.**
 1. Iniciación y evolución de rifts (1 hora). Introducción. Modelo numérico de crecimiento de fallas: planteamiento, resultados e interpretación. Implicaciones en el desarrollo estratigráfico: etapas de iniciación y de climax del rift. Fases de crecimiento de fallas de margen a partir de las relaciones entre el tiempo de unión de segmentos de falla y el reajuste del desplazamiento de las fallas: unión temprana o unión tardía e implicaciones en el desarrollo tectono-estratigráfico de las cuencas de rift. Etapa final de las fallas de margen. Geometría de los rifts y la dirección de extensión. Influencia de la estructura del prerift.
 2. Modelos sedimentarios en cuencas extensionales(1 hora). Características generales. Modelos sedimentarios en cuencas simétricas, asimétricas y complejas para distintos ambientes y subambientes sedimentarios (continentales, transicionales, marinos).
 3. El magmatismo en las cuencas extensionales/transtensionales (1 hora). Magmatismo y evolución composicional asociada a rifts. Caracteres del volcanismo y desarrollo de hidrotermalismo y mineralizaciones en cuencas de trasarco. Evolución de la litosfera asociada al desarrollo de cuencas extensionales: variaciones de espesor, flujo termico y composición de la litosfera.

Bloque 3: Integración de estudios estratigráficos y estructurales en cuencas compresivas (5 horas)

- 1. Clasificaciones y características geométricas del relleno sedimentario en cuencas compresivas (de antepaís).**
 1. Nociones sobre tectónica de cabalgamientos: Características y geometría en profundidad. Asociaciones. Pliegues asociados. Modelos cinemáticos. (0,5 horas)
 2. Evolución de las series estratigráficas en marcos compresivos (2 horas): Unidades estratigráficas genéticas, rupturas sedimentarias, controles de la evolución de las series estratigráficas, criterios de correlación en series azoicas, discordancia sintectónicas, secuencias de *unroofing*, secuencias de cabalgamiento.
- 2. Formación de una cuenca de antepaís y modelos sedimentarios.**
 1. Iniciación y evolución de cuencas compresivas de antepaís. La inversión de cuencas extensionales. (0,5 horas)
 2. Modelos sedimentarios. Características generales. Modelos sedimentarios para distintos ambientes y subambientes sedimentarios (continentales, transicionales, marinos). (1 hora)
 3. El magmatismo en las cuencas compresivas/transpresivas. (1 hora)

Bloque 4: Otros tipos de estudios y metodologías en el estudio integrado de cuencas (7 horas)

- 1. La reconstrucción paleoambiental en el análisis de cuencas.** (1 hora)
- 1. Tectónica experimental. Modelos analógicos de la formación de cuencas.** (1 hora). Principios de la modelización analógica: modelo reológico del sistema estudiado y dimensionamiento. Técnicas en

modelización analógica: modelos en campo gravitatorio inducido y en campo gravitatorio normal.
Materiales analógicos y obtención de datos. Dispositivos experimentales, condiciones en los límites.

2. Magnetoestratigrafía y magnetotectónica: aplicaciones del paleomagnetismo y fábricas magnéticas en los estudios tectónicos de cuencas. (2 horas)

1. Paleomagnetismo. Introducción. Magnetoestratigrafía como herramienta cronológica del relleno de las cuencas. Datos paleomagnéticos y movimientos en la corteza. Tectónica de Placas. Polos paleomagnéticos. Curvas de deriva polar aparente APWP. Tectónica y geología estructural a escala regional. Rotaciones de eje vertical. Remagnetizaciones y su aplicación.

2. Fábricas magnéticas. Introducción. Aplicaciones tectónicas. Aplicaciones estratigráficas.

3. Técnicas físico-químicas aplicadas al estudio de la evolución de cuencas. (2 horas)

1. Obtención de datos de la evolución térmica a partir del análisis de la fracción inorgánica (huellas de fisión, inclusiones fluidas, geoquímica y mineralogía de arcillas, dataciones geocronológicas) y de la fracción orgánica (maduración de la materia orgánica) de los sedimentos.

2. La diagénesis-metamorfismo de bajo grado de los sedimentos y la relación con el contexto geotectónico de formación (régimen extensional o compresivo)

4. Modelos hidrogeológicos en grandes cuencas. (1 hora)

2:

II. Sesiones prácticas

Incluye resolución de problemas y casos y prácticas de laboratorio: la mayor parte de las sesiones se trabaja sobre un caso concreto de una cuenca extensional

1. Estudio fotogeológico y Correlación estratigráfica y estratigráfico-estructural (4 h)

1. Correlación de distintas columnas estratigráficas tomadas de la serie sedimentaria que rellena la subcuenca cretácica de Galve.

2. Estudio fotogeológico de esa región para caracterizar la geometría del relleno sedimentario y las estructuras tectónicas que las afectan.

3. Correlación de la zona anterior en la que ahora se tiene en cuenta las fallas sinsedimentarias para el reconocimiento de los dispositivos geométricos.

2. Reconstrucción de la geometría de fallas en profundidad y localización del nivel de despegue por el método de Faure y Chermette (1989). Restitución de los cortes por el método de Groshong (1999) (2 h).

3. Restitución de cortes geológicos por el método área-profundidad (2 h) y cálculo de la extensión y la profundidad del nivel de despegue.

4. Análisis de dispositivos geométricos en cuencas compresivas a partir de fotogeología (2 h)

5. Construcción de curvas de subsidencia y geohistoria con software específico. (Ordenador, 2 h)

6. Modelización analógica de la formación de una cuenca (Laboratorio, 4 h). Desarrollo de un modelo analógico de una cuenca extensional con falla de geometría lística.

7. Manejo de programas básicos de análisis de datos paleomagnéticos en tectónica regional y/o fábricas magnéticas (Ordenador, 2 h).

3:

III. Sesiones prácticas de campo

2 salidas de campo para la toma de datos y el estudio de las relaciones tectónica-sedimentación:

Salida 1: Región de Galve-Miravete de la Sierra-Aliaga. Cuenca extensional cretácica (ej. subcuencas cretácicas de Galve y Las Parras)

Salida 2: Cuenca en régimen compresivo (ej. cuencas intramontañosas de la Cordillera Ibérica, Cuenca de Jaca, Cuenca del Ebro).

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario de las sesiones presenciales seguirá el aprobado por la Facultad de Ciencias y publicado en la página Web de la Facultad.

Las sesiones prácticas de campo se realizarán en las fechas indicadas en el calendario de campo de la titulación publicado en la Web del Departamento de Ciencias de la Tierra.

La entrega de trabajos y cuestionarios se indicará por el profesorado correspondiente.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- AAPG Bulletin . Tulsa (Estados Unidos) : American Association of Petroleum Geologists, 1974- [Publicación periódica] [Harding, T.P. (1984): Graben hydrocarbon occurrences and structural style. AAPG Bull., 68: 333-362.]
- AAPG Bulletin . Tulsa (Estados Unidos) : American Association of Petroleum Geologists, 1974- [Publicación periódica] [McClay, K.R., Dooley, T., Whitehouse, P y Mills, M. (2002): 4-D evolution of rift systems: Insights from scaled physical models. AAPG Bull., 86(6): 935-959]
- Basic methods of structural geology. Part I, Elementary techniques / by Stephen Marshak, Gautam Mitra. Part II, Special topics. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, cop. 1988
- Basin research . Oxford : Blackwell Scientific Publications, 1988- [Publicación periódica] [Ellis, P.G. & McClay, K.R. 1988. Listric extensional fault systems; results of analogue model experiments. Basin Research 1, 1, 55-70]
- Bosence, D.W.J. . Sedimentation and tectonics in rift basins. Red Sea-Gulf of Aden . Chapman & Hall, London.1998 [Stratigraphic and sedimentological model of rift basins. , p. 9-25]
- Buiter, S.J.H.. Analogue and Numerical Modelling of Crustal-Scale Processes. Geological Society. 2006
- Burke, K. . Aulacogens and continental breakup. [Ann. Rev. Earth Planetary Sci., 5: 371-396.]
- Butler, Robert F.. Paleomagnetism : magnetic domains to geologic terranes / Robert F. Butler Oxford : Blackwell, Basil, 1992
- Collinson, D.W.. Methods in rock magnetism and palaeomagnetism : techniques and instrumentation / D.W. Collinson London ; New York : Chapman and Hall, 1983
- Coward, M.P.. Continental Extensional Tectonics. Geol. Soc. Special Pub. 1987 [Vendeville, B., Cobbold, P.R., Davy, P., Brun, J.P., Choukroune, P. 1987. Physical models of extensional tectonics at various scales. Pp.95-107]
- Davis, George Herbert. Structural geology of rocks and regions / George H. Davis New York : John Wiley & Sons, cop. 1984
- Davis, George Herbert. Structural geology of rocks and regions / George H. Davis, Stephen J. Reynolds . - 2nd ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. 1996
- Dickinson, W.R. . Plate tectonics and hydrocarbon accumulation. American Association of Petroleum Geologists. 1981 [Plate tectonic evolution and sedimentary basins. . Rf. course Note Ser., 1: 1-62.]
- Dunlop, David J.. Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers. Cambridge University Press. 2001
- Einsele, Gerhard. Sedimentary basins : evolution, facies, and sediment budget / Gerhard Einsele . - 2nd, completely rev. and enl. ed Berlin [etc.]: Springer, cop. 2000
- Faults, J.E. . Accommodation Zones and Transfer Zones. Geological Society of America. 1998 [The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes.pp: 1- 45.]
- Geological Society of America bulletin. [New York] : Geological Society of America, 1961- [Publicación periódica] [Koyi, H., Mancktelow, N. (eds.) 2001. Tectonic Modelling: A Volume in Honor of Hans Ramberg. Geol. Soc. Am. Memoir 193.]
- Geology . [Boulder (Estados Unidos)] : Geological Society of America, 1973- [McClay, K. & Dooley, T. 1995. Analogue models of pull-apart basins. Geology 23, 8, 711-714.]
- Geology . [Boulder (Estados Unidos)] : Geological Society of America, 1973- [McClay, K.R., Ellis, P.G. 1987. Geometries of extension fault systems developed in model experiments. Geology 15, 4, 341-344]
- Gibbs, A.D. . Balanced cross-section construction from seismic sections in areas of extensional tectonics. [J. Struct. Geol., 5, 153-160.]
- Gibbs, A.D. . Structural evolution of extensional basin margins. [J. Geol. Soc. London, 141, 609-620.]
- Hatcher, Robert D.(Jr.). Structural geology : principles, concepts, and problems / Robert D. Hatcher . - 2nd ed. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, 1995
- Ingersoll, R.V. . Tectonics of sedimentary basins . Blackwell Scienc. Inc., U.S.A. 1995 [Tectonics of sedimentary basins. p. 1-15]
- Ingersoll, R.V. . Tectonics of sedimentary basins . Blackwell Science . 1995 [Leeder, M.R., Continental rifts and protooceanic rift troughs. p. 119-148]
- Journal of structural geology . Oxford ; New York : Pergamon Press, 1979- [Publicación periódica] [Dixon, J., Summers, J.M. 1985. Recent developments in centrifuge modelling of tectonic processes: equipment, model construction techniques and rheology of model materials. Journal of Structural Geology 7, 83-102.]
- Journal of structural geology . Oxford ; New York : Pergamon Press, 1979- [Publicación periódica] [Medwedeff, D.A. & Krantz, R.W. 2002. Kinematic and analog modeling of 3-D extensional ramps; observations and a new 3-D deformation model. Journal of Structural Geology 24, 4, 763-772.]
- Journal of structural geology . Oxford ; New York : Pergamon Press, 1979- [Publicación periódica] [Wernicke, B.P. y Burchfiel, B.C. (1982): Modes of extensional tectonics. J. Struct. Geol., 4: 105-115.]
- Knipe, R.. Deformation mechanisms, rheology and tectonics. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 54 [McClay, K.R. 1990a. Deformation mechanics in analogue models of extensional fault systems. in: R. Knipe. Deformation mechanisms, rheology and tectonics. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 54, 445-453.]
- Koyi, H. . Analogue modelling: from a qualitative to a quantitative technique - a historical outline 1997 [Journal of Petroleum Geology, 20 (2), 223-238.]
- Mandl, G. . Mechanics of tectonic faulting. Models and Basic Concepts. Developments in Structural Geology. Elsevier. 1988
- Marine and petroleum geology . Guildford : Butterworth - Heineman, 1984- [Publicación periódica] [McClay, K. R. 1990b. Extensional fault systems in sedimentary basins; a review of analogue model studies. Marine and Petroleum Geology 7, 3,

- Marine and petroleum geology . Guildford : Butterworth - Heineman, 1984- [Publicación periódica] [McClay, K.R. & White, M.J. 1995. Analogue modelling of orthogonal and oblique rifting. *Marine and Petroleum Geology* 12, 2, 137-151.]
- McElhinny, Michael W.; . *Paleomagnetism: Continents and Oceans*. Academic Press. 2000
- Mercier, J.L. . *Tectónica*. Limusa (Mexico). 1999
- Merrill, Ronald T.. *The magnetic field of the earth : paleomagnetism, the core, and the deep mantle* / Ronald T. Merrill, Michael W. McElhinny, Phillip L. McFadden San Diego [etc.] : Academic Press, cop. 1998
- Opdyke, Neil D.. *Magnetic Stratigraphy*. Academic Press. 1996
- Ramberg, H. . *Gravity, Deformation, and the Earth's Crust in Theory, Experiments and Geological Applications*. 1st. Academic-Press, London, 1967
- Ramberg, H. . *Gravity, Deformation, and the Earth's Crust in Theory, Experiments and Geological Applications*.. 2nd Academic-Press, NY, 1981
- Roberts,A.M.. *The geometry of normal faults*. Geological Society Special Publications, 56 [McClay, K.R., Waltham, D. A., Scott, A. D., Abouseita, A. 1991. Physical and seismic modelling of listric normal fault geometries. Pp 231-239]
- Schellart, W. . Analogue modeling of large-scale tectonic processes: an introduction. *Journal of the Virtual Explorer*,7, doi:10.3809/jvirtex.2002.00045.. 2002 [<http://virtualexplorer.com.au/journal/2002/07>]
- Tarling, D. H. . *Palaeomagnetism*. Chapman & Hall. 1983
- *Tectonophysics : international journal of geotectonics and the geology and physics of the interior of the earth* . Amsterdam : Elsevier Scientific, 1964- [Publicación periódica] [Davy, P., Cobbold, P.R. 1991. Experiments on shortening of 4-layer model of continental lithosphere. *Tectonophysics* 188, 1-25.]
- *Tectonophysics : international journal of geotectonics and the geology and physics of the interior of the earth* . Amsterdam : Elsevier Scientific, 1964- [Publicación periódica] [Keep, M. & McClay, K.R. 1997. Analogue modelling of multiphase rift systems. *Tectonophysics* 273, 3-4, 239-270.]
- *Tectonophysics : international journal of geotectonics and the geology and physics of the interior of the earth* . Amsterdam : Elsevier Scientific, 1964- [Publicación periódica] [McClay, K.R., Scott, A. D. 1991. Experimental models of hangingwall deformation in ramp-flat listric extensional fault systems. *Tectonophysics* 188, 1-2, 85-96.]
- Twiss, Robert J.. *Structural geology* / Robert J. Twiss, Eldridge M. Moores. New York : W.H. Freeman, cop. 1992.
- Van Der Voo, R.. *Paleomagnetism Of The Atlantic, Tethys And Iapetus Oceans*. Cambridge University Press. 2005
- Williams, G.D.. *Tectonics and seismic sequence stratigraphy*. Geological Society Special Publications [Higgs, W.G. & McClay, K.R. 1993. Analogue sandbox modelling of Miocene extensional faulting in the Outer Moray Firth.Pp 141-162]