



# Máster en Iniciación a la Investigación en Geología 60310 - Análisis secuencial y cicloestratigrafía

Guía docente para el curso 2010 - 2011

Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 3.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Beatriz María Bádenas Lago** bbadenas@unizar.es

- **Arsenio Muñoz Jiménez** armunoz@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Es recomendable que los alumnos posean conocimientos básicos de Estratigrafía y Sedimentología y hayan cursado las asignaturas optativas de la Licenciatura de Geología "Procesos y medios sedimentarios" y "Análisis de cuencas" ofertadas por el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

#### Información específica

Fecha de inicio de la asignatura: Las clases se iniciarán la semana del 28 de febrero de 2011.

Fecha de finalización de la asignatura: Las clases finalizarán el 27 de mayo de 2011.

Fechas de las salidas de campo: 18/03/2011 y 27/05/2011

Fecha de entrega de memorias y trabajo: 15 de junio de 2011.

Los horarios de las clases teóricas y prácticas de gabinete son los siguientes: miércoles de 10:00 a 12:00 h y jueves de 10:30 a 12:00 h.

#### Información general

Fecha de admisión al Máster: Primera fase del 18 de junio al 12 de julio; segunda fase del 13 al 23 de septiembre.

Fecha de matriculación: Primera fase del 20 al 27 de julio; segunda fase del 1 de septiembre al 6 de octubre.

Fecha de inicio del SEGUNDO cuatrimestre: 14/02/2011

---

## Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Conoce los principios teóricos, la metodología y las técnicas de estudio en campo y laboratorio para el análisis de secuencias y ciclos de diferente orden en las sucesiones sedimentarias.
- 2:** Aplica los principios teóricos y técnicas de estudio a ejemplos prácticos de series sedimentarias continentales y marinas para la identificación de secuencias y ciclos de largo y corto término.
- 3:** Es capaz de interpretar el significado genético y la evolución espacio-temporal de las secuencias y ciclos presentes en el relleno de una cuenca sedimentaria y plantear su aplicabilidad en estudios de geología aplicada.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

El objetivo fundamental de esta asignatura es completar la formación del alumno en conceptos básicos referentes al análisis de secuencias y ciclos de diferente orden en las sucesiones sedimentarias, así como en las diferentes técnicas de estudio y reconocimiento, tanto en campo como en laboratorio y gabinete. El alumno podrá profundizar así en algunos de los aspectos fundamentales de esta disciplina estratigráfica: el significado genético (factores de control) de las secuencias y ciclos presentes en el relleno de una cuenca sedimentaria; su significado cronoestratigráfico como herramienta para la elaboración de escalas de tiempo, en determinados casos, de mayor precisión que las escalas bioestratigráficas; y sus implicaciones en estudios de geología aplicada.

Esta asignatura está relacionada con "Paleoclimatología: causas e indicadores de los cambios paleoclimáticos".



---

## 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:

Esta asignatura es recomendable para cualquier alumno que tenga un perfil enfocado al trabajo y/o investigación en Estratigrafía, y en general que sienta interés por las diferentes disciplinas estratigráficas. En la asignatura se proporcionarán los conocimientos básicos sobre los rasgos principales de los distintos órdenes de secuencias y ciclos sedimentarios, su reconocimiento y tratamiento mediante técnicas de estudio, análisis estadístico y modelización y finalmente, las posibles aplicaciones en la resolución de diversos problemas de ámbito científico y de geología aplicada.

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

Dentro del contexto de los estudios de posgrado de "*Introducción a la Investigación en Geología*" en la Universidad de Zaragoza, esta asignatura está directamente relacionada con los estudios sobre Paleoclimatología, Sedimentología, Análisis de cuencas y ciclicidad en el registro fósil.

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

- 1:** Reconocer y analizar la organización de las series sedimentarias en función de la existencia de procesos que se repiten en el tiempo (con o sin periodicidad).
- 2:** Discernir los datos estratigráfico-sedimentológicos más relevantes y plantear metodologías adecuadas de obtención de nuevos datos, aplicables en la posterior interpretación en términos de factores generadores.
- 3:** Utilizar herramientas informáticas tanto para el procesamiento de datos referidos a secuencialidad y ciclicidad de series sedimentarias, como para realizar cuantificaciones de procesos generadores y su posterior interpretación.
- 4:** Proponer hipótesis sobre el origen de las secuencias y ciclos que permitan evaluar los factores que controlaron su formación.
- 5:** Analizar las incertidumbres de las hipótesis y contrastar los pros y contras de cada una de ellas utilizando ejemplos de series sedimentarias similares mediante bibliografía actualizada.
- 6:** Realizar informes capaces de transferir adecuadamente los resultados de un estudio de secuencialidad y ciclicidad.

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

El Análisis secuencial y cicloestratigráfico es una de las ramas de la Estratigrafía en auge en los últimos años, ya que permite entender el registro estratigráfico como una sucesión de unidades (secuencias o ciclos) limitados por discontinuidades de diferente rango que tienen significado temporal y que, por lo tanto, son unidades útiles:

- como herramienta de correlación;
- para obtener una visión integrada de las facies (y ambientes sedimentarios) en el espacio y en el tiempo, aplicable por ejemplo, en la predicción de facies;
- para entender el origen de las lagunas sedimentarias;

- para conocer los cambios de los factores que controlan el depósito de las series estratigráficas a lo largo de la historia geológica, fundamentalmente clima, tectónica (subsistencia y levantamiento), amplitud y tasa de variaciones del nivel marino y tasas de sedimentación.

El análisis de las series estratigráficas bajo este punto de vista se nutre y aporta conceptos esenciales en otras disciplinas geológicas como el Análisis de cuencas, la Paleogeografía, la Geología Histórica, la Sedimentología, la Sedimentología aplicada, la Petrología sedimentaria, la Paleontología y Paleoecología y la Paleoclimatología, entre otras. La realización de esta asignatura y la adquisición de las competencias involucradas permitirán al alumno, por tanto, ampliar su formación para resolver un amplio número de problemas científicos y aplicados y ampliar sus capacidades laborales. Por otro lado, esta asignatura es un complemento a la formación académica del alumno ya que permitirá desarrollar su capacidad crítica y de análisis.

---

## 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, que se realizará por medio del control de asistencia a las clases teóricas y la realización de preguntas en clase sobre los temas abordados. Esta evaluación supondrá el 10% de la calificación final del estudiante en la asignatura.
- 2:** Prácticas de gabinete y campo guiadas en las que, mediante la realización de preguntas y la eventual recogida de las prácticas y guiones de campo elaborados, se evaluará la capacidad del alumno para analizar e interpretar diferentes ejemplos de secuencias y ciclos en series sedimentarias continentales y marinas. Se evaluará también su capacidad crítica de análisis de los resultados obtenidos y de sus implicaciones prácticas. Esta evaluación supondrá el 20% de la calificación final del estudiante en la asignatura.
- 3:** Trabajo individual que el alumno presentará en forma de informe escrito, sobre el análisis de secuencias y ciclos en un ejemplo de sucesión sedimentaria, aplicando para ello los conocimientos y metodología adquiridos. Dicho trabajo se calificará entre 0 y 10 y supondrá un 70% de la calificación final del estudiante en la asignatura.

### Pruebas para estudiantes no presenciales o aquéllos que se presenten en otras convocatorias distintas a la primera

La evaluación de los estudiantes que se presenten en convocatorias distintas a la primera, sigue las mismas pautas que para los estudiantes presenciales de primera convocatoria.

La evaluación del curso para estudiantes no presenciales se realizaría a partir de la realización de una prueba escrita sobre los contenidos teóricos de la asignatura (10% de la calificación final), la asistencia obligatoria a las clases prácticas de gabinete y campo (20% de la calificación final) y la entrega de un trabajo individual del mismo tipo que el presentado por los alumnos presenciales, (70% de la calificación 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 diseñado para esta asignatura se llevará a cabo mediante la realización de tres acciones formativas, que son complementarias entre sí y que, por ello, serán evaluadas por separado (ver actividades de evaluación en el punto anterior):

Acción formativa 1: supone la adquisición de conocimientos básicos (conceptos, metodología de estudio, hipótesis genéticas) sobre análisis secuencial y cicloestratigráfico de sucesiones sedimentarias. Dicha acción se llevará a cabo por medio de 15 h de clases teóricas presenciales, durante las que se desarrollará el programa de clases teóricas propuesto (ver siguiente apartado).

Actividad formativa 2: corresponde a la realización de prácticas de gabinete y de campo, en las que con la supervisión del profesor, el alumno aplicará los conocimientos básicos explicados en la actividad formativa 1 en el análisis de series estratigráficas reales, utilizando la metodología adecuada a cada ejemplo y con la ayuda en algunos casos de programas estadísticos y de modelización con ordenador. Las prácticas de gabinete se desarrollarán durante 19 h, siguiendo el programa de clases prácticas propuesto (ver siguiente apartado). Las prácticas de campo abarcarán dos salidas, que se realizarán para analizar sendos ejemplos de series estratigráficas continentales y marinas.

Actividad formativa 3: se trata de la realización de un trabajo individual sobre el análisis e interpretación secuencial y cicloestratigráfico de un ejemplo real de serie sedimentaria, aplicando los conocimientos adquiridos. El ejemplo real podrá ser elegido por el alumno, si así lo desea y siempre y cuando el ejemplo sea representativo e interesante para dicho análisis, o bien será sugerido por el profesorado. El alumno podrá recibir la asesoría por parte del profesor para la realización del trabajo, mediante tutorías presenciales y consultas por correo electrónico.

## **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:**

### **Temas del Programa de clases teóricas:**

#### I. Análisis secuencial

- *Introducción:* Concepto de secuencia. Conceptos básicos de ciclicidad y ritmicidad.
- *Ciclos sedimentarios:* Conceptos básicos. Factores de control.
- *Ciclicidad en medios continentales:* las Unidades Tectosedimentarias.

#### II. Cicloestratigrafía

- *Ciclos sedimentarios periódicos:* Concepto de ciclo sedimentario periódico. Bandas de frecuencia de sedimentación cíclica periódica. Factores que modulan los ciclos. Análisis espectral. Temporalización.
- *Ciclos sedimentarios controlados por parámetros orbitales:* Ciclos sedimentarios generados por procesos gravitacionales. Ciclos sedimentarios generados por procesos climáticos.
- *Aplicaciones de los ciclos sedimentarios periódicos:* Aplicaciones de los ciclos mareales. Aplicaciones de los ciclos climáticos: Ciclos de la banda del calendario y solar. Ciclos de Milankovitch.

#### III. Ciclicidad en medios marinos: introducción

- *Definición y tipos de ciclos.*
- *Cambios del nivel del mar:* Concepto de acomodación, eustasia, nivel del mar relativo y profundidad.
- *Procesos que controlan los cambios del nivel del mar y el aporte de sedimentos.*

#### IV. Ciclos de corto término (4º y 5º orden)

- *Ciclos de corto término en depósitos someros marinos clásticos (parasecuencias)*
- *Ciclos de corto término en depósitos someros marinos carbonatados (carbonate cycles):* peritidal cycles; subtidal cycles.
- *Ciclos de corto término en depósitos profundos (ejemplo de las ritmitas marga-caliza).*

#### V. Ciclos de corto término (3er orden: secuencias de depósito)

- *Introducción:* Definición de secuencia de depósito
- *Elementos de una secuencia:* Set de parasecuencias.

- *Construcción de una secuencia*: Cortejos sedimentarios.
- *Secuencias y cortejos sedimentarios en sistemas carbonatados*
- *Control del aporte de sedimento en la arquitectura de las secuencias*
- *Ciclos de alto orden superpuestos*: Inter-relación de ciclos de cambios del nivel del mar relativo de diferente orden

**2:**  
**Prácticas de gabinete:**

- I. Elaboración y análisis de series de tiempo mediante el software "ITSM2000".
- II. Aplicación del software "WinGeol Lamination Tool" al estudio de facies laminadas.
- III. Correlación entre espesor de varvas y parámetros climáticos para su aplicación a la reconstrucción paleoclimática
- IV. Análisis de la interacción acomodación/sedimentación mediante el programa de modelización de plataformas marinas Carbonate 6.2
- V. Ciclos de alto orden en sedimentos marinos someros: reconocimiento, correlación y cuantificación de las variaciones relativas del nivel del mar.
- VI. Ciclos de alto orden en sedimentos marinos profundos: reconocimiento y correlación de ciclos sedimentarios y de la modulación secundaria diagenética.

**3:**  
**Prácticas de campo:**

2 salidas. Reconocimiento y estudio de ciclos en diferentes unidades sedimentarias continentales y marinas de la Cordillera Ibérica

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

**3 créditos ECTS:**

- Horas de teoría: 15
- Horas de prácticas (Gabinete/Problemas): 19
- Horas de prácticas de campo: 16
- Horas otros (Trabajo personal): 25
- Total horas: 75

El horario previsto será:

Miércoles de 10:00 a 12:00 h y jueves de 10:30 a 12:00 h.

Lugar de impartición:

*Seminario 26 del Área de Estratigrafía* (Planta 2 del Edificio C).

Presentación de trabajos:

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

El informe final con el trabajo personal deberá entregarse el 15 de junio de 2011.

## Recursos

### Bibliografía

Berger, A.L.; Imbrie, J.; Hays, J.; Kukla, G. and Saltzman, B. (Eds.) (1984): *Milankovitch and climate*. Part. 1. N.A.T.O. ASI Ser. C, Reidel. Dordrech, 126 pp.

- Brockwell, P.J. and Davis, R.A. (2002): *Introduction to Time Series and Forecasting*. (2<sup>nd</sup> Ed.) Springer. 434 pp.
- Catuneanu, O. (2006). *Principles of Sequence Stratigraphy*. Elsevier. 375 pp.
- Coe, A.; Bosence, D.; Church, K.; Flint, S.; Howell, J. and Wilson, C. (2002): *The Sedimentary Record of Sea Level Change*, Cambridge University Press, 288 pp.
- De Boer, P.L. and Smith, D.G. (eds.) (1994): *Orbital forcing and cyclic sequences*, 19, IAS Special Publication, Blackwell, Oxford. 1-576.
- Einsele, G.; Ricken, W. and Seilacher, A. (eds) (1991): *Cycles and events in Stratigraphy*. New York, Springer-Verlag.
- Emery, D. and Meyers, K. J. (Eds.) (1996): *Sequence Stratigraphy*. Blackwell. 304 pp.
- Fischer, A. G. (1982): Climatic rhythms recorded in strata. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science*, 14: 351-376.
- Franseen, E.K., Watney, W.L.; Kendall, G.C.St.C and Ross, W. (eds) (1991): *Sedimentary modeling: Computer simulations and methods for improved parameter definition*. Kansas Geological Survey, Special Publication, 233.
- Goldhammer, R. K., Dunn, P. A., and Hardie, L. A., (1990): Depositional cycles, composite sea-level changes, cycle stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic forcing: Examples from Alpine Triassic platform carbonates. *Geological Society of America Bulletin*, 102: 535-562.
- Handford, R., and Loucks, R. G. (1993): Carbonate depositional sequences and systems tracts responses of carbonate platforms to relative sea-level change, in Loucks, R. G. and Sarg, Rick, eds., *Carbonate sequence stratigraphy: recent advances and applications*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 57, p. 3-41.
- Haq, B. U. (Ed.) (1995): *Sequence Stratigraphy and Depositional Response to Eustatic, Tectonic and Climatic Forcing*. Kluwer. Dordrech-Boston-London. 400 pp.
- Haq, B.U.; Hardenbol, J. and Vail, P.R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235: 1156-1166.
- Hillgartner, H. and Strasser, A (2003): Quantification of high-frequency sea-level fluctuations in shallow-water carbonates: an example from the Berriasian-Valanginian (French Jura). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 200: 43-63
- Jacquin, T., and de Gracianski, P. C. (1998): Major Transgressive/Regressive cycles: the stratigraphic signature of European basin development. In: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of european basins*, De Gracianski, P.C.;Hardenbol, J.; Jacquin, T. and Vail, P.R. (eds.), SEPM (Society for Sedimentary Geology) Spec. Publ. 60: 15-30.
- James, N.P. (1984): Shallowing-upward sequences in carbonates. In Walker, R.G. (ed.), *Facies Models. Geoscience Canada Reprint Series 1*: 213-228.
- Lehrmann, D.J. and Goldhammer, R.K., (1999): Secular variation in facies and parasequence stacking patterns of platform carbonates: a guide to application of the stacking patterns technique in strata of diverse ages and settings. In: Harris, P.M., et al. (Eds.), *Recent Advances in Carbonate Sequence Stratigraphy; Applications to Reservoirs, Outcrops and Models*. SEPM Spec. Publ. 62, 187-226.
- Mitchum Jr., R. M. (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level: Part 11. Glossary of Terms used in Seismic Stratigraphy: Section 2. *Application of Seismic Reflection Configuration to Stratigraphic Interpretation*, Memoir 26: 205-212.
- Posamentier, Henry W., and George P. Allen (1999): *Siliciclastic Sequence Stratigraphy - Concepts and Applications*, published by the Society of Economic Petrologists and Paleontologists, 216 pages.
- Reineck, H.E., and Singh, I.B. (1980): *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 549 pp.
- Ricken, W. (1986): Diagenetic bedding: a model for limestone-marl alternations. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1-210.
- Schwarzacher, W. (1975): *Sedimentation Models and Quantitative Stratigraphy*. Developemnts in Sedimentology, 19, New York, Elsevier.
- Schwarzacher, W. (1993): *Cyclostratigraphy and the Milankovitch theory*. Developments in Sedimentology, 52. Elsevier. Amsterdam. 225 pp.
- Vail, P.R.; Mitchum, R.M., Jr., and Thompson, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In Payton, C.E.,

(ed.) *Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration*, American Association of Petroleum Geologists Memoir 26: 83-97.

VanWagoner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sarg, J. F., Loutt, T. S. y Hardenbol, J. (1988): *Sea-level changes: An integrated approach* (C. K. Wilgus, B. S. Hastings, C. G. Kendall, H. W. Posamentier, C. A. Ross and J. C. Wagoner, Eds), Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Tulsa, 42, 39-46.

Weedon, G. P. (2003): *Time-Series Analysis and Cyclostratigraphy: Examining Stratigraphic Records of Environmental Cycles*. Cambridge University Press. Cambridge. 274 pp.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Berger, A.L.. Milankovitch and climate. Part. 1. NATO ASI Series C Reidel. Dordrech
- Coe, A.L.. The Sedimentary Record of Sea-Level Change Cambridge University Press
- Einsele, G.. Cycles and events in Stratigraphy Springer. Berlín
- Emery, D. Sequence Stratigraphy Blackwell
- Schwarzacher, W. Cyclostratigraphy and the milankovitch theory.... Elsevier
- Weedon, G.P.. Time-Series Analysis and Cyclostratigraphy... Cambridge University Press