



# Máster en Geología: Técnicas y Aplicaciones 60431 - Tratamiento, representación y modelización de datos geológicos

Guía docente para el curso 2014 - 2015

Curso: 1, Semestre: 1, Créditos: 10.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Beatriz Azanza Asensio** [azanza@unizar.es](mailto:azanza@unizar.es)
- **Javier Gómez Jiménez** [jgomez@unizar.es](mailto:jgomez@unizar.es)
- **Arsenio Muñoz Jiménez** [armunoz@unizar.es](mailto:armunoz@unizar.es)
- **Ignacio Ernesto Subías Pérez** [isubias@unizar.es](mailto:isubias@unizar.es)
- **Daniel De Miguel Cascan** [demiguel@unizar.es](mailto:demiguel@unizar.es)
- **Gloria Cuenca Bescós** [cuencag@unizar.es](mailto:cuencag@unizar.es)
- **José Gisbert Aguilar** [gisbert@unizar.es](mailto:gisbert@unizar.es)
- **Luis Eduardo Arlegui Crespo** [arlegui@unizar.es](mailto:arlegui@unizar.es)

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Esta asignatura va dirigida a los estudiantes que quieren adquirir una formación avanzada en los distintos métodos de tratamiento, representación y modelización de datos geológicos, tanto con fines de investigación como en geología aplicada.

Aunque enfocada a estudiantes con formación en Geología, esta asignatura también es apropiada para estudiantes formados en otras disciplinas (Ingeniería geológica o de minas, Biología, Física, Ciencias ambientales, Geografía, ...) que necesiten conocimientos del tratamiento de datos georeferenciados, de las herramientas informáticas para almacenaje, manejo, y representación de datos geológicos, de las técnicas estadísticas y de las herramientas de modelización más habitualmente utilizados en los distintos campos de la Geología.

Es recomendable, aunque no imprescindible, conocimientos informáticos y estadísticos básicos. También es recomendable un nivel básico de inglés técnico.

Dado que la programación de la asignatura incluye un temario amplio y las sesiones presenciales tienen un carácter teórico-práctico, es recomendable asistir a las mismas. Igualmente se recomienda una dinámica de trabajo personal continuado, que permita progresar adecuadamente en la asignatura.

Se recomienda el uso en clase de ordenadores portátiles personales.

## Actividades y fechas clave de la asignatura

Inicio de la asignatura: inicio del primer cuatrimestre según el calendario académico que se publica en la página web de la Facultad de Ciencias.

Fechas de exámenes: según el calendario que se publica en la página web de la facultad.

---

## Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Prepara, procesa, interpreta y presenta datos geológicos usando las técnicas gráficas, de gestión y tratamiento adecuadas, así como los programas informáticos adecuados.
- 2:** Es capaz de utilizar un paquete estadístico para realizar análisis exploratorios y confirmatorios de un conjunto de datos y de interpretar los resultados.
- 3:** Es capaz de reunir e integrar varios tipos de evidencias para formular y probar hipótesis, aplicando el método científico en el marco de las investigaciones geológicas
- 4:** Es capaz de plantear el modelo conceptual de un proceso o sistema y resolverlo usando las herramientas de modelización adecuadas
- 5:** Desarrolla la capacidad de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico, investigador y profesional de la Geología
- 6:** Es capaz de integrar la información proveniente de fuentes diversas y formular juicios a partir de un conocimiento que, siendo incompleto o limitado, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de dichos juicios.
- 7:** Desarrolla la capacidad de analizar, sintetizar y resumir información geocientífica previa de manera crítica

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

En esta asignatura se dan a conocer los fundamentos de los métodos y los requisitos operativos de las técnicas más habituales para preparar, procesar, interpretar y presentar datos geológicos, así como los programas informáticos adecuados para su aplicación en Geología. Igualmente se explica el uso de las técnicas estadísticas más adecuadas para analizar varios tipos de evidencias geológicas y para contrastar hipótesis aplicando el método científico. Por último, se explican los pasos necesarios para plantear un modelo y resolverlo mediante las técnicas de modelización apropiadas, con ejemplos en diferentes ámbitos de las Ciencias de la Tierra.

Es una asignatura de carácter obligatorio; es cuatrimestral y se cursa durante el primer cuatrimestre. Su carga lectiva de 10 ECTS incluye 100 horas de clases teórico-prácticas presenciales. Por su configuración, es una asignatura fundamental para poder abordar el resto de los contenidos de la titulación, especialmente de las materias del segundo semestre y del trabajo fin de master. Los contenidos son básicos y de carácter instrumental para el estudiante, y serán necesarios en su futura vida profesional.

---

## 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:

En esta asignatura, se pretende que el estudiante conozca y maneje:

- las diferentes técnicas y métodos de tratamiento de datos georeferenciados,
- las técnicas informáticas más adecuadas para almacenar, representar y analizar datos geológicos,
- las técnicas estadísticas avanzadas para formular y contrastar hipótesis, aplicando el método científico, y
- la metodología de modelización adecuada para plantear modelos de sistemas o procesos geológicos y resolverlos.

y sepa presentar y comunicar adecuadamente los resultados de una actividad geocientífica.

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

Esta asignatura, junto con las de “Métodos y técnicas en Geología” y “Comunicación científica y técnica”, constituyen el grupo de materias obligatorias de la titulación (todas ellas impartidas en el primer semestre), con un marcado carácter transversal y necesario para el desarrollo del resto de los contenidos de la titulación.

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

##### 1:

Tal como se indica en el plan de estudios de la titulación, el estudiante al superar esta asignatura, será más competente en los siguientes aspectos:

- Que sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- Que sean capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico, investigador y profesional de la Geología.
- Preparar, procesar, interpretar y presentar datos usando las técnicas cualitativas y cuantitativas adecuadas, así como los programas informáticos adecuados.
- Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación de manera crítica como herramienta de trabajo.
- Desarrollar la capacidad de analizar, sintetizar y resumir información geocientífica previa de manera crítica.
- Ser capaz de reunir e integrar varios tipos de evidencias para formular y probar hipótesis, aplicando el método científico en el marco de las investigaciones geológicas.
- Ser capaz de proponer modelos conceptuales y numéricos usando las herramientas de modelización adecuadas.

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

El sentido de esta asignatura es introducir al estudiante en el conocimiento científico de la profesión de geólogo y proporcionarle los fundamentos metodológicos necesarios para poder afrontar con éxito el resto de las asignaturas más específicas de la titulación. El desarrollo de nuevas técnicas avanzadas en Geología requiere que los estudiantes conozcan el amplio abanico de métodos de tratamiento, representación y modelización de datos. Este conocimiento, teórico y práctico, es la base para la resolución de problemas geológicos a distintas escalas y para la presentación y comunicación de los resultados.

La necesidad de adquirir conocimientos y habilidades en el uso de las tecnologías de la información para el correcto desarrollo del ejercicio profesional en la sociedad actual es evidente. Los futuros profesionales de la geología deben poseer las habilidades necesarias para utilizar con destreza las aplicaciones informáticas actuales de uso común en geociencias.

Dado que la Geología es una ciencia que en gran parte se basa en la observación, particularmente en observaciones en las que hay una componente nada despreciable de incertidumbre, la importancia de que un futuro profesional de la Geología tenga conocimientos estadísticos y de modelización es clara. La aproximación cuantitativa a la Geología se basa en gran parte en el análisis de esas observaciones y en las conclusiones que se pueden inferir a partir de ellas y la Estadística proporciona herramientas que permiten llevar a cabo esos objetivos. Por ello, es necesario que el alumno maneje herramientas estadísticas sencillas para realizar un análisis de datos razonado y que, además, conozca la existencia de otras metodologías estadísticas más potentes y las herramientas de modelización que pueden ser aplicadas para resolver muchos problemas en el campo de la Geología.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

- 1:** Resolución de cuestionarios teórico-prácticos (50 % de la calificación final) vinculados a los distintos bloques de la asignatura y que se presentaran al finalizar la impartición de los mismos.
  - 2:** Realización de trabajos e informes (50% de la calificación final) vinculados a los distintos bloques de la asignatura y que se presentaran al finalizar la impartición de los mismos.
  - 3:** Para aquellos alumnos que no se presenten o no superen la evaluación continua, habrá un examen teórico-práctico (100 % de la calificación final) que se realizará en las fechas previstas en el calendario académico de la Facultad de Ciencias para el primer semestre.
- 

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

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

La asignatura tiene una carga lectiva similar para los contenidos teóricos y prácticos, que se desglosan en los siguientes tipos de actividades docentes:

1. Clase magistral (4,5 ECTS): exposición detallada de los temas con ayuda de TICs y participación activa de los estudiantes.
2. Problemas y casos (5,5 ECTS): Planteamiento y resolución de problemas basados en casos reales o posibles, con aplicación de programas informáticos generales o específicos.

De cara a optimizar la coordinación entre los contenidos teóricos y prácticos, se han previsto sesiones intensivas en las que se puede dedicar una parte de la sesión a los aspectos más teóricos, pasando a continuación a su desarrollo práctico.

### **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:**

**Unidad 1:** Tratamiento digital de datos geológicos. Fundamentos y aplicaciones.

**Tema 1:** Sistema de posicionamiento global (GPS)

- Qué es, aplicaciones (no inmediatas)
- Cómo se usa
- Sistemas de coordenadas

**Tema 2:** Sistema de información geográfica y modelo digital del terreno

- Introducción
- Qué es GIS
- Para qué sirven
- Elementos de un GIS: puntos, líneas, polígonos, superficies
- Trabajando con proyecciones y datum, sistemas de coordenadas
- Organización en capas, raster y vectoriales
- Capas raster típicas
- DEMs
- Qué son, cómo se elaboran y cómo se obtienen
- Para qué sirven
- Cómo se incorporan al GIS

**Tema 3:** Aplicaciones y utilidades. QGIS

- Interface de QGIS
- Capas vectoriales típicas
- Ortoimágenes
- Topográficos
- Mapas geológicos
- Georeferenciación
- Tablas de atributos. Generación de información
- Importación de datos
- Simbología y etiquetado
- Digitalización: puntos, líneas, polígonos, superficies
- Usos del suelo
- Mapas geológicos (IGME)
- Diseño de mapa y exportación

**Tema 4:** Tecnología LIDAR

- Escaneo con láser: cartografía aérea y altimetría con láser (continuo y discontinuo). Aplicaciones en Geología
- Aplicación de la tecnología LIDAR en la localización de estructuras endo y exocársticas
- Software de procesamiento de datos (IMU/GPS)
- Sistemas batimétricos, alineación, ajustes
- Escáneres y elementos ópticos: foto detectores, receptores electrónicos
- Procesado de imágenes, corrección de error, filtro de datos
- Modelos digitales
- Producción de imágenes
- Producción de modelos 3D
- Incorporación al GIS

**Unidad 2:** Bases de datos: gestión y explotación. Aplicación de Técnicas estadísticas en Geología: Estadística multivariante. Geoestadística: variables regionalizadas. Análisis morfométrico.

**Sección 2.1-** *Aplicaciones informáticas para el tratamiento de datos geológicos*

**Tema 5:** Hojas de cálculo. EXCEL

- Conceptos básicos
- Funciones para realizar cálculos
- Construcción de gráficos
- Creación de macros

**Tema 6:** Las bases de datos y su gestión.

- Conceptos básicos.
- Ejemplos de bases de datos accesibles a través de Internet.
- Tipos de bases de datos
- Sistemas gestores de bases de datos. Lenguajes de acceso.
- Modelo basado en tablas. Bases de datos relacionales.
- Creación de bases de datos personales mediante FileMaker Pro

**Sección 2.2-** *Técnicas Avanzadas de Estadística en Geología.***Tema 7:** Diseño experimental y análisis exploratorio en Geología

- Hipótesis, experimentos y exploración
- Hipótesis nula y contrastación de hipótesis. Errores de tipo I y II
- Muestras y muestreo
- Concepto de variable y tipos de variables en Geología
- Aplicaciones de la estadística en el análisis de la variabilidad intra- e interpoblacional
- Análisis univariante. Conceptos básicos de estadística descriptiva
- Tests de normalidad y homogeneidad
- Análisis de la varianza. ANOVA. Ejemplos de aplicación en Geología
- Análisis bivariante. Correlación y regresión. Ejemplos de aplicación en Geología
- Alternativas no paramétricas. Tablas de contingencia y análisis de correspondencia simple. Ejemplos de aplicación en Geología

**Tema 8:** Métodos multivariantes

- Métodos de clasificación y métodos de ordenación. Análisis factoriales. Árboles y grafos
- Supuestos generales y condiciones de aplicabilidad. Análisis exploratorios y confirmatorios. Q-mode y R-mode
- Análisis de conglomerados (Cluster analysis). Coeficientes de similitud/disimilitud Procedimientos de agrupamiento jerárquicos y no jerárquicos. Determinación de los grupos e interpretación de la clasificación. Análisis de la fiabilidad y validez. Ejemplos de aplicación en Geología
- Análisis de las componentes principales (PCA): requisitos y uso. Matriz de correlación y matriz varianza-covarianza. Extracción, selección e interpretación de los componentes principales. Rotación de factores. Análisis de la fiabilidad y validez. Aplicación en análisis posteriores. Ejemplos de aplicación en Geología
- Técnicas multivariantes alternativas para datos binarios. Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS). Análisis de correspondencias múltiple (CA y DCA). Ejemplos de aplicación en Geología
- Análisis de las funciones discriminantes (AD): descriptivo y predictivo. Función discriminante. Selección de variables y selección de grupos. Extracción e interpretación de las funciones discriminantes. Interpretación de los resultados. Análisis de la fiabilidad y validez. Clasificación de nuevos casos. Ejemplos de aplicación en Geología

**Tema 9:** Estimación de la tendencia y patrones ocultos en datos secuenciales.

- Datos secuenciales y secuencias espaciales y temporales en geología
- Tendencias y patrones ocultos. Tipos de tendencias: secular, cíclica, irregular
- Autocorrelación. Alineación de secuencias
- Análisis de la correlación y ordenación entre secuencias. Métodos gráficos. Seriación. Ejemplo de aplicación: bioestratigrafía
- Análisis estadístico de la tendencia y patrones ocultos: modelos lineales, logísticos, probabilísticos. Análisis de la fiabilidad y validez. Técnicas de remuestreo. Simulaciones de Monte Carlo. Métodos Bayesianos. Ejemplo de aplicación: patrones y tasas de diversificación

### **Tema 10:** Análisis de series temporales

- Construcción de series de tiempo: Precisión de los datos, tipos de series y requisitos para su elaboración
- Procesamiento de las series de tiempo: Estimación espectral, métodos adicionales de análisis y consideraciones prácticas

### **Tema 11:** Geoestadística

- Conceptos básicos
- Variables ambientales
- Aspectos y fuentes de variabilidad espacial
- Modelos de predicción espacial
- Interpolación por inverso de distancia
- Regresión
- Splines
- Modelos de predicción estadística
- Kriging
- Correlación ambiental
- Híbridos
- Regression-kriging
- Mejor predictor de ajuste lineal no sesgado
- Derivación matemática del BLUP
- Elegir la correcta técnica de predicción espacial

### **Tema 12:** Análisis morfométrico

- Técnicas de análisis morfométrico: presentación y toma de datos
- Software de morfometría de uso libre
- Digitalización de landmarks
- Análisis de procrustes con: APS, tps, MorphoJ
- Covariación con otras variables
- Ejemplos con casos reales

### **Unidad 3:** Principios de la modelización en Geología.

#### **Tema 13:** Modelización conceptual

- Modelización del proceso genético
- Modelización de la magnitud del proceso
- Modelización asociada a la metodología
- Modelización por analogía intra e interdisciplinar

#### **Tema 14:** Fundamentos de modelización en Geología y modelos analógicos

- Definición de modelo. Terminología. Cuándo modelizar y cuándo no
- Tipos de modelos
- Etapas en un proceso de simulación en Geología. Verificación y validación
- Modelos analógicos, análisis dimensional y teoría de modelos a escala. Ejemplos y aplicaciones en Geología

#### **Tema 15:** Modelos matemáticos

- Tipos de modelos matemáticos: analíticos/numéricos, deterministas/probabilistas. Cuándo usar unos u otros
- Modelización de la incertidumbre
- Los modelos matemáticos en Geología: algunos ejemplos

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

La asignatura se impartirá en sesiones teórico-prácticas de 4-5 horas de duración los lunes y martes en horario de tarde. Los horarios definitivos pueden consultarse en la página web de la facultad de Ciencias

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Caers, J. . Modeling uncertainty in the earth sciences. Wiley-Blackwell. 2011
- Davis, John C.. Statistics and data analysis in geology / John C. Davis . - 2nd ed. New York [etc] : Wiley, 1986
- Davis, John C.. Statistics and data analysis in geology / John C. Davis . - 3th ed. New York [etc] : Wiley, 2002
- DeMers, M.N.. GIS For Dummies. Wiley Publishing Inc. 2009
- Diggle, P.J.. Model-based Geostatistics. Springer. 2007
- Dillon, William R.. Multivariate analysis : methods and applications / William R. Dillon, Matthew Goldstein New York [etc.] : John Wiley and Sons, cop. 1984
- Felsenstein, Joseph.. Inferring phylogenies / Josephe Felsenstein. Sunderland, Mass. : Sinauer Associates, 2004.
- Gauch, Hugh G.. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. 1982
- Graser, A.. Learning QGIS 2.0 . Packt Publishing. 2013
- Hammer, Oyvind. Paleontological data analysis / Hammer àyvind and David A.T. Harper Malden, Massachusetts : Blackwell Publishing, 2006
- Hengl, T.. A Practical Guide to Geostatistical Mapping. 2nd University of Amsterdam. 2009
- IBM Corp. Released. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY. 2013
- McKillup, S.. Geostatistics Explained. An Introductory Guide for Earth Scientist. Cambridge Univ. Press.
- Middleton, Gerard V.. Mechanics in the earth and environmental sciences / Gerard V. Middleton, Peter R. Wilcock . - 1st publ., repr. Cambridge : Cambridge University Press, 1999
- Numerical palaeobiology : computer-based modelling and analysis of fossils and their distributions / edited by David A. T. Harper Chichester [etc.] : John Wiley & Sons, 2000
- Reyment, R.A. . Multidimensional Paleobiology. Pergamon Press. 1991
- Reyment, Richard Arthur. Aspects of multivariate statistical analysis in geology / Richard A. Reyment and Enrico Savazzi Amsterdam [etc.] : Elsevier, 1999
- Shi, G.R.. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Volume 105, Issues 3-4, November 1993, Pages 199-234.
- Walthan, D.. Mathematics. A simple tool for Geologists. Blackwell Publishing.2000
- Weedon G.P. . Time-Series Analysis and Cyclostratigraphy. Cambridge University Press. 2005