

## **Grado en Geología**

### **26410 - Hidrogeología**

**Guía docente para el curso 2011 - 2012**

**Curso: 2, Semestre: 2, Créditos: 7.0**

---

## **Información básica**

---

### **Profesores**

- **María Asunción Soriano Jiménez** asuncion@unizar.es
- **José Ángel Sánchez Navarro** joseange@unizar.es

### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Para cursar adecuadamente esta asignatura es preciso contar con un buen nivel de conocimientos de **Geología**. Es preciso también ser capaz de interpretar mapas geológicos y manejar técnicas modernas de cartografía (sistemas de información geográfica y utilización de GPS). Es conveniente que el alumno disponga de amplios conocimientos sobre geología regional (Cordillera Ibérica, Pirineos y Cuenca terciaria del Ebro). El alumno deberá tener un nivel suficiente de matemáticas y conocimientos básicos sobre hojas de cálculo y bases de datos.

### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

- Inicio clases teóricas. En Febrero, según calendario académico
- Inicio clases prácticas. En Febrero, según calendario académico
- Segundo martes abril: Entrega al tutor de los trabajos.
- Mes de mayo: Exposición y defensa pública de los trabajos.
- Mayo del 2012: Fin de las clases teóricas.
- Mayo del 2012: Fin de las clases prácticas.
- 1º Convocatoria: Según calendario de exámenes
- 2º Convocatoria: Según calendario de exámenes

---

## **Inicio**

---

# **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

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

- 1:** Capacidad para identificar las formaciones geológicas según sus parámetros hidrogeológicos (porosidad y permeabilidad principalmente)
- 2:** Capacidad para explicar y relacionar cualitativa y cuantitativamente la conexión existente entre todos los componentes del ciclo hidrológico natural y artificial.
- 3:** Capacidad para adquirir, analizar y sintetizar información hidrológica mediante la utilización de técnicas actuales (GIS, bases de datos, hojas excel...)
- 4:** Capacidad para utilizar las técnicas de investigación-prospección hidrogeológica, tanto para la explotación como para la gestión de los recursos hídricos subterráneos.
- 5:** Capacidad para llevar a cabo el diseño, ejecución y explotación de captaciones de agua subterránea
- 6:** Capacidad para adquirir, analizar y sintetizar datos físico-químicos de las aguas, y relacionarlos con procesos de contaminación urbana, agrícola e industrial.

## **Introducción**

### **Breve presentación de la asignatura**

Se pretende dar una visión general sobre el movimiento del agua en el terreno, sus aspectos físicos y químicos, su relación con los materiales geológicos, y su conexión con el ciclo hidrológico natural. Se trata de una asignatura de **geología aplicada**, por ello los contenidos incluyen un conjunto de capítulos dedicados a la investigación-prospección de aguas subterráneas, a la explotación de los recursos hídricos y a la gestión de los mismo. Todas ellas, son **actividades ligadas al trabajo profesional** del GEÓLOGO. Se muestra también la importancia ambiental del agua subterránea, y los problemas de contaminación antrópica a que está sometida.

---

## **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:**

- 1.-Adquisición de los principales conceptos de la Hidrogeología.
- 2.-Adquisición y uso de la información hidrogeológica.
- 3.-Adquisición de conocimientos sobre prospección, captación y explotación de aguas subterráneas.
- 4.-Adquisición de conocimientos sobre la físico-química del agua subterránea y contaminación.
- 5.-Adquisición de conocimientos sobre estimación de recursos y gestión del agua subterránea.
- 6.-Adquisición de conocimientos sobre el papel agua subterránea en los procesos geológicos.

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

La materia "HIDROGEOLOGÍA" tiene como objetivos comprender y asimilar los conceptos, teorías y modelos de flujo del agua a través de los materiales geológicos, su importancia como agente geológico, y su interés socio-económico en el mundo actual. Se trata de una asignatura enclavada dentro del contexto de la GEOLOGIA APLICADA. El seguimiento adecuado de la asignatura requiere de conocimientos básicos de Geología (litoestratigrafía y tectónica), cartografía geológica, ciencias básicas (matemáticas, física y química), y conocimientos suficientes de informática de usuario.

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

- 1:** Capacidad de manejar los principales conceptos de la Hidrogeología
- 2:** Capacidad para adaptar y utilizar las herramientas básicas de la Hidrogeología
- 3:** Capacidad para recabar información de todos los aspectos relacionados con el agua subterránea (inventarios de puntos de agua, bases de datos...)
- 4:** Capacidad para el manejo de datos geo-referenciados y el uso de los Sistema de Información Geográfica
- 5:** Capacidad para proyectar la exploración y explotación de aguas subterráneas, incluido el diseño y seguimiento de perforaciones, sondeos y captaciones de agua
- 6:** Capacidad para el manejo de datos físico-químicos del agua y su interpretación
- 7:** Capacidad en la estimación de recursos y gestión de agua subterránea
- 8:** Capacidad para emitir informes hidrogeológicos, y para implementarlos en otros informes administrativos (evaluaciones de impacto ambiental, declaración de vertidos, informes geotécnicos...)

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

La gestión de los recursos hídricos es un tema prioritario en las políticas de los gobiernos europeos: La Directiva Marco Europea del Agua considera la necesidad de garantizar el abastecimiento de agua de calidad a las poblaciones, la conservación de los ecosistemas húmedos, y plantea como objetivo para el 2014 una buena calidad para todas las masas de agua. La necesidad de técnicos preparados en comprender y analizar las distintas fases del ciclo hidrológico, tanto natural como artificial, es cada vez más evidente. En ese sentido, los resultados del aprendizaje de esta asignatura abren una perspectiva profesional importante a los alumnos que la cursan.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

- 1: Actividades de evaluación durante el desarrollo presencial de la asignatura**

En el desarrollo normal de la asignatura, es decir, realizado de forma presencial por el estudiante durante el curso, las actividades de evaluación constarán de una evaluación continua de la asignatura de distintas actividades de aprendizaje y de una prueba final escrita. A continuación se detallan las distintas actividades de evaluación diseñadas:

**1. Prueba escrita sobre los conocimientos básicos:** Las pruebas escritas estarán constituidas por preguntas que requieran respuestas cortas (pruebas de respuesta limitada) o que exijan un desarrollo amplio del tema (pruebas de ensayo o respuesta libre y abierta). Las primeras permitirán realizar un muestreo amplio de los conocimientos del estudiante sobre la materia, y las segundas permitirán valorar su capacidad de expresión, de presentar y sostener argumentaciones, y de hacer juicios críticos. La prueba escrita estará basada en el programa de actividades de aprendizaje programado. La prueba escrita supone el 70 % de la evaluación.

**2. Seminarios: elaboración de la memoria, exposición y defensa pública de un trabajo sobre un tema relacionado con la asignatura.** La memoria será realizada en grupos de 2 ó 3 estudiantes. Este informe deberá elaborarse siguiendo las pautas y el formato de presentación que se marcará en el programa de la asignatura a comienzo de curso. El trabajo será expuesto y defendido por cada grupo de estudiantes en sesiones tipo seminario, en las cuales los autores deberán intervenir para explicar y argumentar algunos de los puntos contenidos en la memoria, y debatirlos y discutirlos con el resto de participantes de los seminarios (profesores y estudiantes). El tiempo disponible para la exposición y defensa del tema durante las sesiones de seminario será de 15 a 20 minutos. El formato de entrega de la memoria y de la presentación será en formato digital. El seminario supone el 15% de la evaluación.

**3. Elaboración de un cuaderno de prácticas:** en el cuaderno se incluirán todos los problemas realizados en las prácticas y otros complementarios que el alumno deberá resolver personalmente. La asistencia a las prácticas de laboratorio tendrá carácter obligatorio. El cuaderno de prácticas supone en 15% de la evaluación. En el Cuadernos de Prácticas se incluirán un resumen de los conocimientos adquiridos en las excursiones de campo.

**2:**

2. Prueba global de evaluación

Los estudiantes que no hayan seguido la asignatura de forma presencial, y los que aun habiéndolo hecho así lo deseen, tendrán derecho a una prueba global de evaluación que comprenderá:

- Examen de conceptos teóricos similar al realizado para los alumnos presenciales
- Elaboración de la memoria, exposición y defensa pública de un trabajo práctico sobre un tema relacionado con la asignatura: se seguirán los mismos criterios que para los alumnos presenciales.
- Una prueba escrita sobre ejercicios prácticos de gabinete (problemas).

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

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

La parte teórica de la asignatura se impartirá básicamente mediante **clases magistrales de carácter participativo**. Previamente a su impartición los contenidos estarán disponibles en la correspondiente **página Web del Anillo Digital Docente de la Universidad de Zaragoza**. La visión general de esos conocimientos teóricos adquiridos, se complementa con la actividad práctica de gabinete y laboratorio. Para un mejor seguimiento del proceso de aprendizaje se favorecerá que los estudiantes utilicen las horas de tutoría mediante diversos sistemas y modalidades: tutorías convencionales, tutorías más específicas relacionadas con el trabajo práctico tipo-seminario e incluso se ofrecerá la posibilidad de llevar a cabo tutorías telemáticas.

Se han diferenciado 6 grandes grupos de contenidos, con su correspondiente distribución temporal de clases magistrales, seminarios, resolución de problemas y trabajos de campo:

#### **1.-Adquisición de los principales conceptos de la Hidrogeología.**

Metodología: Clases magistrales 1 ECTS

Clase de resolución de problemas y laboratorio 0.5 ECTS  
Competencias adquiridas: Capacidad de manejar los principales conceptos de la Hidrogeología, el agua subterránea en el ciclo hidrológico, y la física del movimiento del agua en el terreno.  
Evaluación: Prueba escrita sobre contenidos y problemas

## **2.-Adquisición y uso de la información hidrogeológica.**

Metodología: Clases magistrales 0.5 ECTS  
Clase de resolución de problemas y laboratorio 0.5 ECTS  
Salida campo 0.4 ECTS

Competencias adquiridas: Capacidad para recabar información relacionada con el agua subterránea (inventarios de puntos de agua, bases de datos...). Capacidad para la consulta de datos geo-referenciados y el uso de los Sistema de Información Geográfica.

Evaluación: Prueba escrita sobre contenidos y problemas

## **3.-Adquisición de conocimientos sobre prospección, captación y explotación de aguas subterráneas.**

Competencias adquiridas: Capacidad para proyectar la prospección (técnicas de investigación de aguas subterráneas) y explotación de aguas subterráneas (técnicas de captación y aprovechamiento sostenible de aguas subterráneas), incluido el diseño y seguimiento de perforaciones, sondeos y captaciones de agua.

Metodología: Clases magistrales 0.5 ECTS  
Clase de resolución de problemas y laboratorio 1 ECTS  
Seminarios 0.25 ECTS

Evaluación: Prueba escrita sobre contenidos y problemas

## **4.-Adquisición de conocimientos sobre la físico-química del agua subterránea y contaminación.**

Metodología: clases magistrales 0.5 ECTS  
Clase de resolución de problemas y laboratorio 0.25 ECTS  
Seminarios 0.25 ECTS  
Salida campo 0.4 ECTS

Competencias adquiridas: Capacidad para el diseño de campañas de muestreo de agua. Capacidad para el tratamiento e interpretación de los datos. Capacidad para la catalogación del agua según usos, su interpretación en relación con el flujo subterráneo. Capacidad para la identificación de problemas de contaminación de aguas y su resolución.

Evaluación: Prueba escrita sobre contenidos y problemas

## **5.-Adquisición de conocimientos básico sobre estimación de recursos y gestión del agua subterránea.**

Metodología: Clases magistrales 0.4 ECTS  
Clase de resolución de problemas y laboratorio 0.25 ECTS  
Seminarios 0.25 ECTS

Competencias adquiridas: Capacidad para realizar balances hídricos y evaluar recursos en diferentes ámbitos espaciales. Capacidad para utilizar técnicas de modelización del flujo subterráneo. Capacidad para la administración y gestión de aguas subterráneas. Capacidad de emisión de informes hidrogeológicos.

Evaluación: Prueba escrita sobre contenidos y problemas

## **6.-Adquisición de conocimientos sobre el papel del agua subterránea en los procesos geológicos.**

Metodología: Clases magistrales 0.3 ECTS  
Competencias adquiridas: Capacidad de relacionar el movimiento del agua subterránea con los procesos geológicos, incluido aguas termales y minerales.  
Evaluación: Prueba escrita sobre contenidos y problemas

# **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:**

Clases magistrales participativas: 32 horas presenciales. Un breve descriptor de los contenidos teóricos a impartir es el siguiente:

El agua en la Tierra.  
Los componentes del ciclo hidrológico.

Fundamentos de hidráulica general.  
La ecuación general del movimiento del agua subterránea.  
Exploración de agua subterránea.  
Agua subterránea y materiales geológicos.  
Perforaciones y sondeos.  
Hidráulica de captaciones.  
Relación aguas superficiales-subterráneas y humedales.  
Hidroquímica básica.  
La contaminación de las aguas subterráneas.  
Aguas termales, minerales y mineromedicinales.  
Hidrogeología regional.  
Balance hídrico y estimación de recursos  
Hidrogeología y procesos geológicos  
Gestión y administración de aguas subterráneas.  
Introducción a la hidrogeología en la obra civil.  
Introducción a la modelización del flujo subterráneo.

**2:**

Prácticas de gabinete-laboratorio: 25 horas presenciales. El programa práctico de la materia contiene las siguientes sesiones:

- Precipitación, evaporación en lámina libre y balance de agua en el suelo.
- Hidrología con datos insuficiente. Hidrograma de crecida.
- Evaluación de la capacidad de un terreno para almacenar y transmitir agua
- Ejemplos de aplicación de la Ley de Darcy
- Resolución de problemas mediante aplicación de la ley de Darcy
- Ejemplos de aplicación de trazadores
- Redes de flujo (método de relajación, aplicación con Excel)
- Ecuación de Deput-Forheinmer (aplicación con Excel)
- Utilización de bases de datos hidrológicas
- Sistemas de información geográfica: utilización de GEOVISOR
- Construcción de un pozo de bombeo y dimensionamiento de la zona filtrante
- Interpretación bombeo de ensayo régimen permanente
- Interpretación bombeo de ensayo régimen variable: Thies y Hantush
- Interpretación bombeo de ensayo régimen variable: Jacob
- Campo de pozos y barreras hidráulicas
- Ensaya de recuperación y eficiencia de un pozo
- Equipos de elevación y coste del agua
- Utilización hojas Excel para interpretación de bombeos de ensayo
- Utilización de programas específicos para interpretación de bombeos de ensayo
- Infiltrómetros y ensayos de evaluación de la permeabilidad
- Programas Cuttos: Descomposición del hidrograma de crecida: escorrentía superficial y subterránea
- Programa Stella: Dinámica de sistemas aplicada a la Hidrogeología
- Interpretación de datos hidroquímicos (1): unidades, gráficas y clasificación
- Interpretación de datos hidroquímicos (2): bancos de datos, utilización e interpretación
- Perímetro de protección de captaciones de agua subterránea

**3:**

Elaboración de un trabajo práctico tipo y seminarios: 5 horas presenciales.

**4:**

Trabajo de campo: 2 salidas al campo, que representan 8 horas presenciales.

**5:**

El alumno dispone de 105 horas de trabajo no presencial para la realización de trabajo prácticos, finalización

de los problemas de gabinete, y para la preparación de los exámenes teóricos.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

#### SESIONES PRESENCIALES TEORIA

Lunes, martes y miércoles de 12 a 13 horas

#### SESIONES PRESENCIALES PRACTICAS

Lunes de 16 a 19 horas (grupo único)

#### PRESENTACIÓN TRABAJOS

Durante el mes de mayo

## Bibliografía

### Amplio listado de manuales de Hidrogeología

### Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Aparicio, F.J. Elementos de hidrología de superficie. - 1999 Limusa
- Appelo, C.A.J.. Geochemistry, groundwater and pollution / C.A.J. Appelo , D. Postma. Rotterdam : A. A. Balkema , print. 1999
- Barcelona, M.. Contamination of Ground Water. - 1990
- Benítez, A. Captación de aguas subterráneas. - 1972 Ed. Dossat.
- Bianucci, G. La chimica delle acque sotterraneo.. - 1985 Ed. Hoepli
- Bowen, R. Groundwater. - 1986 Elsevier
- Burman, R. Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. - 1994 Elsevier
- Castany, Gilbert. Principes et méthodes de l'hydrogéologie / Gilbert Castany Paris : Dunod, 1982
- Castany, Gilbert. Prospección y explotación de las aguas subterráneas / G. Castany ; traducido del francés por Juan Ramón Juliá Barcelona : Omega, cop. 1975
- Catalán Lafuente, José G.. Química del agua / José G. Catalán Lafuente . - [2a. ed.] Madrid : [El Autor], D.L. 1981
- Custodio, E. Presente y futuro de las técnicas isotópicas ambientales en Hidrología Subterránea. Simposio sobre el Agua en Andalucía (4.. IV Simposio sobre el Agua en Andalucía : IV Simposio sobre el Agua en Andalucía / Comité organizador Rafael Fernández Rubio...[et ali.] . [Almería] : Universidad de Almería, Servicio de Publicaciones, 1996
- Davis, Stanley N.. Hidrogeología / por Stanley N. Davis y Roger J.M. de Wiest ; prólogo de Luis Solé Sabarís Barcelona : Ariel, D.L. 1971
- Deming, D. Hydrogeology McGraw-Hill Higher Education
- Domènech, Xavier. Química de la hidrosfera : origen y destino de los contaminantes / Xavier Domènech . - 3<sup>a</sup> ed. Madrid : Miraguano, 2000
- Domenico, Patrick A.. Physical and chemical hydrogeology / Patrick A. Domenico, Franklin W. Schwartz . - 2nd ed. New York [etc.] : John Wiley & Sons, 1998
- Drever, James I.. The geochemistry of natural waters / James I. Drever . - 2nd ed. Englewood Cliffs : Prentice Hall, cop. 1988
- Fetter, C. W.. Contaminant hydrogeology / C.W. Fetter . - 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall;|aLondon : Prentice-Hall International (UK), cop. 1999.
- Fetter, C.W.. Applied hydrogeology / C.W. Fetter . - 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, cop.200
- Freeze, R. Allan. Groundwater / R. Allan Freeze, John A. Cherry Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, cop. 1979
- Hemond, H. Chemical fate and transport in the environment. - 2000 Academic Press.
- Hidrología subterránea / Emilio Custodio, Manuel Ramón Llamas, directores de edición . - 2a ed. corr. Barcelona : Omega, cop. 1983
- Hudak. P. Principles of hydrogeology. - 2000 Lewis Pub
- Jury, W.A. Soil physics. - 1991 John Wiley and Sons
- Kehew, Alan E.. Applied chemical hydrogeology / Alan E. Kehew. New Jersey : Prentice Hall , cop. 2001.
- La zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas : teoría, medición y modelos / editores, L. Candela , M. Varela Barcelona : CINME , 1993

- Lloyd, J.W. Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. - 1985 Oxford Science Pub
- Martínez Alfaro, Pedro Emilio. Fundamentos de hidrogeología / Pedro E. Martínez Alfaro, Pedro Martínez Santos, Silvino Castaño Castaño Madrid : Mundi-Prensa, 2006
- Mazor, E. Chemical and isotopic groundwater hydrology. - 1997 Marcel Dekker Inc
- Miyazaki, T. Water flow in soils. - 1993 Ed. Marcel Dekker
- Morell, I. Importancia hidrológica de la zona no saturada. En: Simposio sobre el Agua en Andalucía (5.. V Simposio sobre el Agua en Andalucía : V Simposio sobre el Agua en Andalucía / editores, Antonio Pulido Bosch, Pablo A. Pulido Leboeuf, Ángela Vallejos Izquierdo . [Almería] : Universidad de Almería, Servicio de Publicaciones, [2001]
- Morell, I. La zona no saturada. Métodos de estudio e importancia hidrológica. En: Simposio sobre el Agua en Andalucía (4.. IV Simposio sobre el Agua en Andalucía : IV Simposio sobre el Agua en Andalucía / Comité organizador Rafael Fernández Rubio...[et al.] . [Almería] : Universidad de Almería, Servicio de Publicaciones, 1996
- Rodier, J.. Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales , agua de mar : química, fisicoquímica, bacteriología, biología / J. Rodier ; con la colaboración de Ch. Geoffray...[et al.] ; asistencia técnica de L. Rodi ; traducido por Santiago Balagué Dolz . - [1a ed.] Barcelona : Omega , D.L.1981
- Sánchez Navarro, J.A. Geología-Hidrogeología de la provincia de Zaragoza: Sistema de Información Geográfica. - 2005
- Sánchez Navarro, J.A.. Hidrogeología de los manantiales termales de Alhama de Aragón y Jaraba. Libro de Excursiones VIII Simposio de Hidrogeología, el agua esencia ambiental. - 2004
- Sánchez Navarro, José Angel. Las aguas termales en Aragón : estudio hidrogeotérmico / José Angel Sánchez Navarro [Zaragoza] : Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 2000
- Sánchez Navarro, José Angel. Los recursos hídricos de las Sierras de Guara y sus Somontanos / José Angel Sanchez Navarro Huesca : Instituto de Estudios Altoaragoneses, D.L. 198
- Serrano, S.E. Hydrology for Engineers, Geologist and Environmental Professionals. - 1997 Ed. HydroScience Inc.
- UNESCO. Soil and groundwater pollution from agricultural activities. International Hydrological Program. Technical documents in Hydrology, nº 19. - 1998
- Villanueva Martínez, Manuel. Pozos y acuíferos : técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo / Manuel Villanueva Martínez, Alfredo Iglesias López Madrid : [Instituto Geológico y Minero de España], D.L. 1984
- Weight, Willis D.. Hydrogeology : field manual / Willis D. Weight . - 2nd ed New York : McGraw-Hill, 2008
- Wilson, L.G. Handbook of vadose zone, characterization and monitoring. - 1995 Lewis Publ