

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Geología Económica	Hidrogeología	3º	2º	6	Obligatoria
<b>PROFESORES<sup>(1)</sup></b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS</b> (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>María Luisa Calvache Quesada</li> </ul>			Dpto. Geodinámica, Facultad de Ciencias 958244031 calvache@ugr.es		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS<sup>(1)</sup></b>		
			Martes, miércoles y jueves, de 12 a 14 horas		
<b>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Grado en Geología			Ingeniería civil , Ciencias Ambientales, Biología, Ingeniería Geológica		
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES</b> (si procede)					
•					
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</b>					
Conceptos básicos Hidráulica subterránea Hidrogeología regional					
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>					
Capacidad de análisis y síntesis: CG-1 Capacidad para aprender y resolver problemas: CG-2, CG-3 Capacidad de aplicar conocimientos a la práctica: CG-4					

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/))



Conocer los recursos de la Tierra y saber aplicar los métodos y técnicas para su estudio y evaluación.  
Comprender los procesos medioambientales actuales y los posibles riesgos asociados: CE-3  
Disponer de un conocimiento adecuado de otras disciplinas relevantes para Ciencias de la Tierra: CE-4

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- Conocer la terminología y los conceptos básicos que rigen la presencia y el movimiento del agua subterránea en los acuíferos. Conocer los fundamentos matemáticos que hay que aplicar tanto en condiciones naturales como bajo una situación de explotación en los diferentes tipos de acuíferos. Saber diferenciar el diferente comportamiento de los acuíferos en función de su litología y otros condicionantes.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### A): PROGRAMA DE CLASES TEÓRICAS

#### BLOQUE TEMÁTICO I. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS

**Tema 1.- Introducción a la Hidrogeología.** Definición de Hidrogeología. Relación con otras ramas de la Ciencia. Desarrollo histórico. Actividad profesional. Programación de la asignatura y orientación bibliográfica.

**Tema 2.- El ciclo hidrológico.** Distribución del agua en la Naturaleza. Componentes del ciclo hidrológico. Balance hídrico y tiempo de residencia. Origen de las aguas subterráneas. Recursos y demandas. Cálculo de las reservas de un acuífero.

**Tema 3.- El agua en el suelo.** Estado del agua en el suelo. Distribución vertical del agua en el suelo. Contenido de agua en el suelo. Estados de humedad del suelo.

**Tema 4.- Características y comportamiento hidrogeológico de los materiales.** Porosidad. Tipos de porosidad. Determinación de la porosidad. Permeabilidad. Clasificación de los materiales según la porosidad y permeabilidad. Principales materiales acuíferos.

**Tema 5.- Acuífero como masa de agua.** Partes de un acuífero. Tipos de acuíferos. Superficie freática y nivel piezométrico. Recarga. Descarga. Relación río-acuífero. Fluctuaciones del nivel piezométrico. Medida del nivel piezométrico. Mapa de isopiezas.

**Tema 6.- Manantiales.** Tipos y clasificación. Caudal. Hidrograma de un manantial. Análisis del hidrograma. Ecuación de Maillet. Perímetro de protección.

#### BLOQUE TEMÁTICO II. HIDROMETEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE

**Tema 7.- Precipitación y evapotranspiración.** Medida de la precipitación. Tratamiento de los datos: corrección y completado de series pluviométricas.- Cálculo de la precipitación media de un área. Conceptos de evaporación y transpiración. Métodos de medida de la evaporación y transpiración. Evapotranspiración potencial y evapotranspiración real. Balance de suelo.

**Tema 8.- Escorrentía superficial e infiltración.** Definición de escorrentía. Definición de cuenca y divisoria de aguas superficiales y subterráneas. Estimación de la escorrentía en una cuenca. Análisis del hidrograma. Concepto de infiltración eficaz. Factores que controlan la infiltración. Medida de la infiltración.

#### BLOQUE TEMÁTICO III. HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA

**Tema 9.- Energía del agua subterránea.** Teorema de Bernoulli. Definición de carga hidráulica y potencial hidráulico. Hidrostática y nivel piezométrico. Líneas de flujo y superficies equipotenciales. Redes de flujo.

**Tema 10.- Principios del flujo subterráneo.** Ley de Darcy. Gradiente hidráulico. Conductividad hidráulica. Medida de la conductividad hidráulica. Límites de aplicación de la ley de Darcy. Conductividad hidráulica en medios heterogéneos y anisótropos. Transmisividad.

**Tema 11.- Ecuación general del flujo subterráneo (EGFS).** Almacenamiento. Ley de Darcy en tres dimensiones. Ecuación de conservación de masa. Ecuación general del flujo subterráneo en 3D. Regímenes de flujo.

**Tema 12.- Aplicación de la EGFS en distintos tipos de acuíferos.** Flujo subterráneo en acuíferos confinados. Flujo subterráneo en



acuíferos libres (aproximación de Dupuit-Forchheimer). Flujo subterráneo en acuíferos libres con recarga.

**Tema 13.- Hidráulica de captaciones.** Cono de depresión. Ensayos de bombeo. Flujo radial en acuíferos confinados en régimen permanente. Caudal específico. Flujo radial en acuíferos confinados en régimen transitorio. Recuperación.

**Tema 14.- Ensayos con trazadores.** Tipos de trazadores. Determinación de la porosidad eficaz. Ensayos de dilución puntual. Determinación de la velocidad vertical del flujo.

**Tema 15.- Movimiento del agua en la zona no saturada.** Fuerzas que actúan en la zona no saturada. Curvas características: humedad y conductividad hidráulica. Flujo en la zona no saturada: ecuación de Richards. Propiedades de la zona no saturada. Parámetros en la zona no saturada.

#### **BLOQUE TEMÁTICO IV. HIDROGEOQUÍMICA Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS**

**Tema 16.- Hidrogeoquímica.-** Composición de las aguas subterráneas. Expresión de concentración de sustancias disueltas en el agua. Clasificación de las sustancias disueltas en el agua según su abundancia relativa. Parámetros característicos de las aguas. Representación gráfica.

**Tema 17.- Calidad y contaminación de las aguas subterráneas.** Calidad del agua para los diferentes usos. Concepto de contaminación.- Principales agentes contaminantes. Fuentes de contaminación. Movimiento del contaminante: advección, difusión y dispersión. Principales agentes contaminantes.

#### **BLOQUE TEMÁTICO V. HIDROGEOLOGÍA DE MEDIOS ESPECÍFICOS**

**Tema 18.- Aguas subterráneas en rocas ígneas y metamórficas.** Almacenamiento y circulación en rocas cristalinas. Calidad de las aguas en rocas cristalinas.

**Tema 19.- Aguas subterráneas en rocas detríticas.** Almacenamiento y circulación en rocas detríticas no consolidadas. Almacenamiento y circulación en rocas detríticas consolidadas. Calidad de las aguas en rocas detríticas.

**Tema 20.- Aguas subterráneas en rocas karstificadas.** Tipos de acuíferos kársticos. Almacenamiento y circulación del agua subterránea en rocas karstificadas. Modelos conceptuales de acuíferos kársticos. Calidad de las aguas.

**Tema 21.- Acuíferos costeros.** Introducción y conceptos básicos. Caracterización del contacto agua dulce-agua salada en condiciones naturales. Alteración antrópica del contacto agua dulce-agua salada. Métodos de estudio y control de la intrusión marina. Gestión de la intrusión marina.

**Tema 22.- Temperatura del agua subterránea. Aguas termales y minerales.** Fuentes de calor en el agua subterránea. Perfil de temperatura en el agua subterránea. Clasificación de las aguas en función de su temperatura. Definición de aguas termales, minerales y mineromedicinales. Sistemas hidrogeotérmicos. Usos de las aguas termales.

#### **BLOQUE TEMÁTICO VI. CAPTACIÓN Y GESTIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**Tema 23.- Estudio y captación de las aguas subterráneas.** Inventario de puntos de agua. Sondeos de investigación. Principales sistemas de captación de las aguas subterráneas.

**Tema 24.- Gestión de las aguas subterráneas.** Estimación de los recursos y demandas. Regulación de acuíferos. Recarga artificial. Sobreexplotación de acuíferos. Uso conjunto aguas superficiales-aguas subterráneas. Modelos matemáticos en la gestión del agua.

#### **B) PROGRAMA DE CLASES PRÁCTICAS**

##### **PRÁCTICAS EN AULA O EN LABORATORIO/GABINETE**

**Práctica 1.- Aplicación del balance hídrico a acuíferos.** Evaluación de las diferentes componentes del balance hídrico. Manejo de unidades de las diferentes componentes. Cálculo de las reservas de un acuífero

**Práctica 2.- Elaboración de mapas piezométricos.** Representación, a partir de datos puntuales, de curvas isopiezas. Relación entre líneas isopiezas y límites de distinto carácter en el acuífero. Relación entre líneas isopiezas y superficies de agua libre. Determinación de



la dirección del flujo subterráneo. Cálculo del gradiente hidráulico.

**Práctica 3.- Elaboración de redes de flujo sencillas.** Representación de perfiles hidrogeológicos. Representación de líneas de flujo. Representación de líneas equipotenciales.

**Práctica 4.- Cálculos en relación al flujo subterráneo en acuíferos confinados: Aplicación de la ley de Darcy.** Cálculo del caudal específico o velocidad de Darcy. Cálculo del gradiente hidráulico. Cálculo de la velocidad real del flujo subterráneo

**Práctica 5.- Cálculos en relación al flujo subterráneo en acuíferos libres.** Cálculo del flujo subterráneo en acuíferos sin recarga. Cálculo del flujo subterráneo en acuíferos con recarga.

**Práctica 6.- Cálculo de parámetros hidrogeológicos I.** Cálculo de la porosidad eficaz. Cálculo de la velocidad real del flujo subterráneo. Cálculo del almacenamiento específico y del coeficiente de almacenamiento.

**Práctica 7.- Cálculo de parámetros hidrogeológicos II.** Cálculo de la transmisividad y del coeficiente de almacenamiento por el método de Cooper-Jacob

#### PRÁCTICAS DE CAMPO

Se realizarán 2 salidas al campo en las que se utilizarán algunos instrumentos básicos de medida de parámetros hidrogeológicos y se verán problemáticas concretas en acuíferos detríticos y fisurados relacionadas con las actuaciones antrópicas.

#### SEMINARIOS

A cargo de colaboradores que sean profesionales de la hidrogeología que trabajen en el ejercicio libre de su profesión así como en organismos públicos no universitarios, sobre temas tales como:

#### BIBLIOGRAFÍA

CALVACHE, M.L. y DUQUE, C. (2010). *Prácticas de Hidrogeología*. Ed. Universidad de Granada.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1983 ). *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega, 2350 pp.

DAVIE, T. (2003). *Fundamentals of Hydrology*. Routledge.

FREEZE, A.R. y CHERRY, J.A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, 604 pp.

HISCOCK, K. (2005). *Hydrogeology*. Blackwell

MARTÍNEZ, P.E., MARTÍNEZ, P. y CASTAÑO, S. (2005). *Fundamento de Hidrogeología*. Ed. Mundiprensa, Madrid. 284 pp.

PRICE, M. (1996) *Introducing Groundwater*. Chapman & Hall. (Traducido al castellano)

RAGHUNATH, H.M. *Groundwater* (2nd Ed.) Ed. John Wiley & Sons.

SWARTZ, F.W. y ZHANG, H. (2003). *Ground Water*, Wiley and Sons.

TODD, D.K. (1972). *Groundwater Hydrology*. Ed. John Wiley & Sons. (trad. Ed. Paraninfo).

#### ENLACES RECOMENDADOS

Página web de docencia del Grupo de Gestión de Recursos Hídricos de la Universidad Jaume I de Castellón (España).

<http://www.agua.uji.es>

Página web de docencia de Francisco Javier Sánchez San Román (Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, España).

<http://web.usal.es/~javisan/hidro/hidro.htm>



Página web de docencia del Prof. Stephen Taylor de la Western Oregon University

[https://www.wou.edu/las/phisci/taylor/es476\\_hydro/ES476\\_home.html](https://www.wou.edu/las/phisci/taylor/es476_hydro/ES476_home.html)

Página web de ejercicios prácticos sobre Hidrogeología de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

[https://ertpvu.org/course\\_materials/classroom\\_course\\_materials/6/2014%20IGWI%20Exercise%20Wk%20Book.pdf](https://ertpvu.org/course_materials/classroom_course_materials/6/2014%20IGWI%20Exercise%20Wk%20Book.pdf)

## METODOLOGÍA DOCENTE

- XXXX

## EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

Examen final escrito de teoría y prácticas: 70 %. Trabajo personal y participación en clase: 30 %. Esta ponderación se aplica si en el examen se supera la calificación de 3 sobre 10; si la calificación del examen es igual o inferior a 3, los porcentajes respectivos son 90 % y 10 %.

Se podrá solicitar la realización de una evaluación única final a la que podrán acogerse aquellos estudiantes que no puedan cumplir con el método de evaluación continua por motivos laborales, estado de salud, discapacidad, programas de movilidad o cualquier otra causa debidamente justificada que les impida seguir el régimen de evaluación continua. Para solicitar la evaluación única, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de la asignatura, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, al Director del Departamento, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua tal como indican el Artículo 6, punto 2 y Artículo 8 en la Normativa de evaluación y de calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada del 9 de noviembre de 2016 ([http://secretariageneral.ugr.es/bougr/pages/bougr112/\\_doc/examenes/](http://secretariageneral.ugr.es/bougr/pages/bougr112/_doc/examenes/)!).

## DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

- Examen escrito que contemplará todos los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

## ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

### ATENCIÓN TUTORIAL

#### HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

Martes, miércoles y jueves de 12 a 14 h

#### HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Se utiliza videoconferencia con google meet, foro de PRADO

### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases teóricas: videoconferencia con Google Meet, algunas sesiones presenciales para temas que requieran mayor uso de la pizarra
- Clases teóricas: Ejercicios que faciliten la asimilación de los conceptos teóricos que tienen que ir realizando los estudiantes como tareas en PRADO
- Clases prácticas: presenciales



## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

### Convocatoria Ordinaria

Examen final escrito presencial de teoría y prácticas: 60 %. Trabajo personal y participación en clase: 10 %. Seguimiento de prácticas: 30%. Esta ponderación se aplica si en el examen se supera la calificación de 3 sobre 10; si la calificación del examen es igual o inferior a 3, los porcentajes respectivos son 80, 5 y 15, respectivamente.

### Convocatoria Extraordinaria

- Examen escrito que contemplará todos los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

### Evaluación Única Final

- Examen escrito que contemplará todos los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

## ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

### ATENCIÓN TUTORIAL

#### HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

#### HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Martes, miércoles y jueves de 12 a 14 h

Se utiliza videoconferencia con google meet, foro de PRADO y correo electrónico de forma continua

### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases teóricas: videoconferencia con Google Meet
- Clases teóricas: Ejercicios que faciliten la asimilación de los conceptos teóricos que tienen que ir realizando los estudiantes como tareas en PRADO
- Clases prácticas: Videos explicativos para la realización de las prácticas colgados en Google Drive y foro o videoconferencia para la aclaración de dudas

## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

### Convocatoria Ordinaria

- Herramienta: Examen escrito**  
Descripción: examen online por videoconferencia de los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura  
Criterios de evaluación: método de resolución empleado y calidad de resultados  
Porcentaje sobre calificación final: 50%
- Herramienta: Participación en las clases online**  
Descripción: Realización de preguntas sobre los contenidos impartidos que exijan un razonamiento  
Criterios de evaluación: se tendrá en cuenta el interés de la pregunta  
Porcentaje sobre calificación final: 10%



- **Herramienta: Realización de ejercicios**

Descripción: realización de los ejercicios que son planteados durante las clases de teoría

Criterios de evaluación: calidad de resultados

Porcentaje sobre calificación final: 10%

- **Herramienta: Realización de prácticas**

Descripción: realización de las prácticas solicitadas

Criterios de evaluación: método de resolución empleado y calidad de resultados

Porcentaje sobre calificación final: 30%

- 

### Convocatoria Extraordinaria

- **Herramienta: Examen escrito**

Descripción: examen online por videoconferencia de los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

Criterios de evaluación: método de resolución empleado y calidad de resultados

Porcentaje sobre calificación final: 100%

- 

### Evaluación Única Final

- **Herramienta: Examen escrito**

Descripción: examen online por videoconferencia de los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

Criterios de evaluación: método de resolución empleado y calidad de resultados

Porcentaje sobre calificación final: 100%

### INFORMACIÓN ADICIONAL (Si procede)

