

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Hidrogeología y Teledetección	Hidrogeología Aplicada	4º	1º	6	Optativa
<b>PROFESORES<sup>(1)</sup></b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS</b> (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<b>JOSÉ BENAVENTE HERRERA</b>  <b>Mª LUISA CALVACHE QUESADA</b>			Dpto. Geodinámica, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 11. 958243362 Correo electrónico: <a href="mailto:jbenaven@ugr.es">jbenaven@ugr.es</a>		
			Dpto. Geodinámica, 2ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 23. 958243362 Correo electrónico: <a href="mailto:calvache@ugr.es">calvache@ugr.es</a>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS<sup>(1)</sup></b>  <a href="https://www.ugr.es/~geodina/">https://www.ugr.es/~geodina/</a>		
<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		
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES</b> (si procede)					
Haber cursado la asignatura "Hidrogeología" del Grado de Geología o poseer conocimientos básicos de esa materia					
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</b>					
Revisión de conceptos hidrogeológicos básicos Modelación numérica del flujo subterráneo en diferentes situaciones hidrogeológicas Obras de captación de aguas subterráneas e hidráulica de captaciones					

<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/>)



### COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

- 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
- 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 los principios de la modelización matemática del flujo y del transporte de masa en los acuíferos y de su aplicación práctica, con códigos bien contrastados, en casos sencillos.
- Conocer las principales metodologías exploratorias de las aguas subterráneas y las técnicas de captación de las mismas.
- Saber planificar, realizar e interpretar (por métodos manuales –gráficos- y automatizados) ensayos hidráulicos “in situ” y, a partir de ellos, obtener información sobre el origen, sistema de flujo, materiales atravesados y eventuales influencias antrópicas relacionadas la explotación de las aguas subterráneas.
- Conocer las principales estrategias de gestión de los recursos hídricos y la normativa legal básica sobre la planificación de las aguas subterráneas.

### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

#### TEMARIO DE CLASES TEÓRICAS (\*):

#### I. Revisión de conceptos básicos (teoría y prácticas)

#### II. Modelación numérica

1. ¿Qué es la modelación numérica y para qué se utiliza en Hidrogeología? Tipos de modelos. Fundamentos matemáticos. Métodos de resolución. Modelo conceptual y condiciones de contorno.
2. Procedimiento en la modelación numérica. Discretización. Análisis de sensibilidad. Calibración. Verificación. Análisis de la calidad de los resultados.
3. Modelación del flujo subterráneo. Parámetros hidráulicos. Datos iniciales. Análisis de resultados.
4. Modelación del transporte de masa. Parámetros de transporte. Datos iniciales. Análisis de resultados.

#### III. Hidráulica de captaciones

5. Cálculo de descensos, caudales y caudales específicos. Flujo hacia un pozo de bombeo en régimen estacionario. Flujo hacia un pozo de bombeo en régimen transitorio: acuíferos confinados (fórmula de Theis y curva patrón); simplificación de Jacob-Cooper. Interferencia de efectos. Acuíferos limitados/”pozos-imagen”. Acuíferos semiconfinados. Acuíferos libres. Efectos de caudal variable; penetración parcial; flujo natural.



#### IV. Sistemas de captación de aguas subterráneas

- Aspectos históricos. Criterios de clasificación. Sistemas de perforación mecánica (sondeos): características y ventajas/inconvenientes en cada caso. Otros tipos de captaciones de aguas subterráneas. Sistemas especiales de captación..
- Diseño, desarrollo, equipamiento y rehabilitación de sondeos de captación de aguas subterráneas.

#### V. Ensayos hidráulicos “in situ”

- Representatividad a diferentes escalas. Ensayos de bombeo. Ensayos de recuperación. Otros ensayos hidráulicos. Ensayos de productividad de captaciones: caudales escalonados. Aspectos prácticos de la planificación de los ensayos.

#### VI. Las aguas subterráneas en el ámbito de la gestión y de la planificación de los recursos hídricos (con especial énfasis en el análisis de la situación en España)

- El sistema hídrico natural. Usos, demandas, consumos, recursos. Elementos de almacenamiento superficial y subterráneo. Masas de agua. Planificación hidrológica: conceptos y evolución histórica. Conceptos legales. Aguas subterráneas y medio ambiente. Presiones e impactos en las masas de agua. Explotación intensiva de acuíferos. Uso conjunto. Regulación de manantiales y de acuíferos. Recarga artificial de acuíferos. Gestión de acuíferos costeros. El agua en la minería y en las obras subterráneas.

#### TEMARIO DE CLASES PRÁCTICAS:

##### Prácticas en el aula

- Ejercicios-resumen de conocimientos previos: balances hídricos de acuíferos, análisis de niveles piezométricos (mapas/secciones) y redes de flujo sencillas, cálculo de gradientes hidráulicos, aplicación de la ley de Darcy, relaciones entre velocidad de Darcy y velocidad promedio de flujo, conceptos de T y S, etc.
- Manejo de Visual MODFLOW. Aprendizaje de cómo utilizar el programa y realización de algún ejemplo práctico
- Flujo en acuíferos confinados y libres (con y sin recarga): estimación en perfiles de geometría sencilla de los niveles piezométricos y del caudal circulante. Resolución mediante técnicas analíticas y a partir de modelación.
- Estimación de descensos, caudales y caudales específicos en relación con diferentes fórmulas de la hidráulica de captaciones (Thiem, Theis, Jacob-Cooper, Hantush, Neuman ...) para diferentes situaciones (acuíferos -confinados, semiconfinados y libres- extensos, limitados o con interferencia) y regímenes (estacionario o transitorio). Resolución mediante técnicas analíticas y a partir de modelación.
- Comparación gráfica entre curvas experimentales de diferente naturaleza (descensos-tiempos, descensos-distancias, etc.) y las curvas-patrón correspondientes al ámbito hidrogeológico concreto de los acuíferos bombeados.
- Estimación de parámetros hidrogeológicos a partir de ensayos de bombeo y de recuperación en distintas



situaciones y regimenes, tanto mediante métodos gráficos como automáticos.

16. Interpretación de ensayos de bombeo con caudales escalonados.
17. Diseño de elementos de sondeos de captación de aguas subterráneas.
18. Cálculos en relación con acuíferos sobreexplotados (consumo de reservas, evolución de niveles), recarga artificial de acuíferos y gestión de acuíferos costeros. Se plantea la posibilidad de resolución mediante modelación en casos complejos.

#### Prácticas de campo (\*)

En las tres jornadas previstas para este tipo de prácticas se seleccionarán actividades del tipo de las relacionadas a continuación, deseablemente en colaboración con usuarios de aguas subterráneas y/o con empresas u organismos encargados de estudios hidrogeológicos:

- Observación de métodos de perforación y/o de construcción de sondeos de captación.
- Realización de ensayos hidráulicos “in situ”.
- Reconocimiento de acuíferos y sectores de interés hidrogeológico (recarga artificial, gestión de acuíferos)
- Reconocimiento del trabajo con equipos de prospección hidrogeológica (testificación de sondeos)

#### SEMINARIOS

Aunque con coordinación por parte de los profesores de la asignatura, estas actividades se basan en 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:

- Realización de informes hidrogeológicos
- Proyectos de sondeos de captación
- Planificación de trabajos hidrogeológicos “in situ”

y, en general, aspectos vinculados con los ítems del tema VI.

(\*): El orden en que se impartan los temas puede variar respecto del indicado arriba, en función de las fechas concretas asignadas para la realización de los seminarios y de las prácticas de campo, pues ello depende de la incidencia cronológica del calendario concreto asignado para las prácticas de campo y del acordado con los profesionales de empresas u organismos que van a colaborar en los seminarios, actividades ambas consideradas preferentes en esta materia de marcado carácter aplicado, como indica su propia denominación.

De acuerdo con lo anterior, la disponibilidad de los colaboradores externos y la naturaleza de los contenidos que se seleccionen de acuerdo con ellos para los seminarios y las prácticas de campo podrá inducir variaciones en el orden cronológico de los temas expuestos en la relación de arriba, en el bien entendido de que se buscará que las eventuales modificaciones no influyan en la correcta asimilación de los conceptos que constituyen los objetivos de la asignatura.



## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- COMISIÓN DOCENTE DEL CIHS: ESCUDER, R., FRAILE, J., JORDANA, S., RIBERA, F. SÁNCHEZ-VILA, X. y VÁZQUEZ-SUNYÉ, E. (2009). Hidrogeología. Ed. Fundación CIHS. Barcelona.
- MARTÍNEZ, J. y RUANO, P. (1998). Aguas subterráneas : captación y aprovechamiento. Ed. Promotora General de Estudios, S.A. (PROGENSA), Sevilla.
- SÁNCHEZ SAN ROMÁN, F. J. (2017). Hidrología superficial y subterránea (2017). Univ. Salamanca.
- VILLANUEVA, M. e IGLESIAS, A. (1984). Pozos y acuíferos. IGME.
- WANG, F. Y ANDERSON, M.P. (1982). Introduction to Groundwater modeling. Academic Press, San Diego.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- ANDERSON, M.P. Y WOESSNER, W.W. (2002). Applied Groundwater Modeling. Academic Press, San Diego.
- MISSTEAR, B, BANKS, D. y CLARK, L. (2006). Water wells and boreholes. Ed. John Wiley & Sons.
- MURILLO, J.M., LÓPEZ-GETA, J.A. y RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, L. (2010). Desarrollo sostenible, uso conjunto y gestión integral de recursos hídricos. IGME-Dip. Prov. Alicante.
- WATSON, I Y BURNETT, A. D. (1995). Hydrology. An environmental approach. CRC Press/Lewis.
- WEIGHT, W.D. and SONDEREGGER, J.J. (2000).- "Manual of Applied Field Hydrogeology".- McGraw-Hill Ed.

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

## METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases de teoría (aula) basadas en lecciones magistrales apoyadas en la exposición de dispositivas con figuras y gráficos sobre los temas.
- Clases de prácticas de gabinete (aula y sala de ordenadores ) basadas en el planteamiento y resolución guiada de ejercicios cuantitativos y/o gráficos sobre los temas. Algunos de estos ejercicios pueden ser planteados para ser presentados como trabajo personal fuera del aula.



- Clases prácticas de campo.
- Seminarios sobre aspectos prácticos del ejercicio profesional de la hidrogeología

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

- Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura: 70 %.
- Trabajo personal, asistencia y participación en clase: 30 %.
- 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"**

Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura

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

#### **ATENCIÓN TUTORIAL**

##### **HORARIO**

(Según lo establecido en el POD)

##### **HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL**

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

Ver en <https://www.ugr.es/~geodina/>

PRADO, Google Meet

#### **MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE**

Las clases de teoría pasan a impartirse telemáticamente, así como algunas prácticas de aula que puedan ser adaptables a las herramientas para ello.  
Serán presenciales las prácticas de campo y las prácticas de aula que no puedan ser adaptables a las herramientas de docencia telemática.

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

##### **Convocatoria Ordinaria**

- Se mantendría de manera presencial el ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la



asignatura (70 %). El trabajo personal, asistencia y participación en clase (30 %) se valorará en función de las tareas entregadas presencialmente y, si procede, de la entregadas telemáticamente.

#### Convocatoria Extraordinaria

Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura (70 %). Se mantendría de manera presencial. La valoración del trabajo personal obtenido a lo largo del curso (30 %) se guardaría.

#### Evaluación Única Final

Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura (100 %). Se mantendría de manera presencial

### 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)

Ver en <https://www.ugr.es/~geodina/>

PRADO, Google Meet

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

Las clases de teoría pasan a impartirse telemáticamente, así como algunas prácticas de aula que puedan ser adaptables a las herramientas para ello. Las clases de campo y las prácticas de aula que no puedan ser adaptables a las herramientas de docencia telemática se sustituirán por seminarios "on-line" basados en audiovisuales o documentales afines a la temática de los temas de teoría o prácticas a los que se pretende sustituir.

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

#### Convocatoria Ordinaria

Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura (70 %) de forma telemática. El trabajo personal, asistencia y participación en clase (30 %) se valorará en función de las tareas entregadas telemáticamente.

#### Convocatoria Extraordinaria

Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura (70 %) de forma telemática. Se mantendría la valoración del trabajo personal obtenido a lo largo del curso (30 %) y presentado de forma telemática.

#### Evaluación Única Final

Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura de manera telemática

#### INFORMACIÓN ADICIONAL (Si procede)



Docencia en idioma español, aunque a lo largo de la asignatura se introducirá a los alumnos en la versión inglesa de los principales términos científico-técnicos relacionados con la asignatura. De hecho, la mayoría de las ilustraciones seleccionadas para complementar las clases de aula serán en este último idioma.

