

NOMBRE DE LA ASIGNATURA

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Geología Económica	Hidrogeología	3º	2	6	Obligatoria
PROFESOR(ES)			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
M ^{re} Luisa Calvache Quesada			Dpto. Geodinámica, Facultad de Ciencias 958244031 calvache@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Geología			Ingeniería civil , Ciencias Ambientales,		
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					
Conceptos básicos Hidráulica subterránea Hidrogeología regional					
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS					
Capacidad de análisis y síntesis: CG-1 Capacidad para aprende 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 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 hidrológico 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. 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 y área de recarga. Análisis de la descarga. 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.

Tema 8.- Escorrentía superficial e infiltración. Definición de escorrentía. Definición de cuenca y divisoria de aguas superficial y subterránea. 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. Condiciones de contorno. 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. Almacenamiento. Ley de Darcy en tres dimensiones. Ecuación de conservación de masa. Ecuación general del flujo subterráneo en 3D. Régimenes de flujo.

Tema 12.- Soluciones analíticas a la ecuación del flujo subterráneo. Flujo subterráneo en acuíferos confinados. Flujo subterráneo en acuíferos libres (aproximación de Dupuit-Forchheimer). Flujo subterráneo en acuíferos libres con recarga.

Tema 13.- Soluciones analíticas a la ecuación del flujo subterráneo en acuíferos sometidos a bombeo. Cono de depresión. Ensayos de bombeo. Flujo radial en acuíferos confinados en régimen permanente. 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. Constituyentes mayoritarios. Constituyentes minoritarios y trazas. Clasificación hidrogeoquímica de las aguas subterráneas.

Tema 17.- Calidad y contaminación de las aguas subterráneas. Calidad del agua para los diferentes usos. Concepto 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.- Termalismo. Temperatura de las aguas subterráneas. Origen del termalismo. Transporte del calor. Hidrogeotermia.

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

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

METODOLOGÍA DOCENTE



