

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Hidrogeología y Teledetección	Hidroquímica y contaminación de aguas subterráneas	4º	2º	3	Optativa
PROFESORES <sup>(1)</sup>			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
JOSÉ BENAVENTE HERRERA			Dpto. Geodinámica, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 11. 958243362 Correo electrónico: jbenaven@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>		
			Martes, miércoles y jueves, de 9 a 11 horas		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Geología			Ciencias Ambientales, Ingeniería Civil		
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
Tener cursada las asignatura "Hidrogeología" del Grado en Geología o equivalente Tener conocimientos adecuados sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geología General</li> <li>• Química General</li> </ul>					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expresión de las concentraciones de solutos</li> <li>• Composición de las aguas naturales</li> <li>• Química básica del agua</li> </ul>					

<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/ngc7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ngc7121/))



- Técnicas de muestreo e interpretación
- Evolución hidroquímica regional y procesos modificadores
- Calidad y contaminación de aguas subterráneas

#### COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

- Capacidad de análisis y síntesis: CG-1
- Capacidad para aprender: CG-2
- Resolución de problemas: CG-3
- Capacidad de aplicar conocimientos a la práctica: CG-4
- Trabajo en equipo: CG-10, CG 12
- 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
- Ser capaz de recoger, analizar, interpretar y representar datos referentes a materiales geológicos usando las técnicas adecuadas de campo y laboratorio, así como los programas informáticos apropiados: CE-5

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

A partir de lo expresado en los análisis físico-químicos (y, eventualmente, microbiológicos) de las aguas continentales, conocer las bases teóricas y las técnicas aplicadas a:

- interpretar su origen,
- conocer la naturaleza de su flujo,
- identificar los principales materiales atravesados,
- identificar los eventuales procesos hidrogeoquímicos modificadores y
- establecer las posibles influencias antrópicas, incluyendo, en su caso, el conocimiento de los procedimientos generales de protección y monitorización

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO DE CLASES TEÓRICAS:

- Lección 1.- Introducción y conceptos de base. La molécula del agua: estructura y propiedades; el agua como disolvente. Modos de expresar las concentraciones de sustancias disueltas en el agua: expresiones ponderales; expresiones químicas.
- Lección 2.- Composición y análisis de las aguas. Tipos de aguas naturales. Composición de las aguas continentales: tipos de constituyentes e importancia relativa de los mismos. El análisis químico de las aguas subterráneas: Tipos y características. El error de balance: concepto y utilidad. TSD y Residuo Seco: concepto y determinación; la conductividad eléctrica como expresión de la salinidad total del agua. Interpretación preliminar de datos hidroquímicos: métodos gráficos (diagramas). Concepto de facies hidroquímica.
- Lección 3.- Química del agua (I). Equilibrios químicos: La Ley de Acción de Masas; actividades. Disociación del agua: concepto de pH. Gases disueltos: O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Formación de complejos. Equilibrios en el sistema CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O; Alcalinidades.
- Lección 4.- Química del agua (II). Disolución de minerales: solubilidades; efectos de la fuerza iónica y del ión común. Desviaciones del equilibrio: estados de saturación. Disolución de las rocas carbonatadas: agresividad e incrustabilidad. Durezas.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 2

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
grados.ugr.es

Firmado por: MANUEL LOPEZ CHICANO Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 18/05/2018 09:32:07 Página: 2 / 6



dl8YOXAfMEBzepPu/xKEzX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- Lección 5.- Química del agua (III). Procesos de Oxidación-Reducción: conceptos de  $p_e$  y  $E_h$ . Consumo de oxígeno: conceptos de DBO y DQO. Procesos superficiales: sorción y cambio catiónico.
- Lección 6. Técnicas de muestreo. Medidas "in situ" de variables físico-químicas de las aguas subterráneas y conservación de las muestras. Procedimientos de muestreo.
- Lección 7.- Hidrogeoquímica (I). El agua de precipitación. El agua en el suelo. El flujo subterráneo: evolución regional; procesos modificadores. El agua de infiltración en zonas de regadío. Estimación de variables hidrológicas a partir de datos hidrogeoquímicos: mezclas de aguas; balance de cloruros.
- Lección 8.- Hidrogeoquímica (II). Origen y características hidrogeoquímicas de los principales constituyentes disueltos de las aguas subterráneas.
- Lección 9.- Contenido isotópico de las aguas subterráneas. Fórmulas isotópicas de la molécula del agua. Isótopos estables (Deuterio y oxígeno-18) : Expresión de las concentraciones; fraccionamiento; composición isotópica de las aguas meteóricas; aplicaciones.
- Lección 10. Calidad del agua. Concepto. Calidad para abastecimiento: comentario de la normativa española. Calidad para usos agrícolas. Calidad para usos industriales.
- Lección 11. Procesos de transporte de solutos. Difusión, Advección y Dispersión: conceptos y expresiones numéricas. Líquidos en fase no acuosa. Experimentos en columnas. Aspectos macroscópicos de la dispersión. Retardo de especies. Modelos de transporte.
- Lección 12. Contaminación de aguas subterráneas (I). Concepto de contaminación del agua. Modos de contaminación de las aguas subterráneas. Principales agentes contaminantes. Principales fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas. Algunos ejemplos: Residuos (líquidos y sólidos) urbanos; Contaminación agrícola; Contaminación por actividades industriales.
- Lección 13. Contaminación de aguas subterráneas (II). Reacción de los acuíferos frente a la contaminación. Comportamiento en el terreno de los principales agentes contaminantes. Investigación de la contaminación de acuíferos. Remediación de la contaminación de acuíferos. Protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación.

#### TEMARIO DE CLASES PRÁCTICAS:

##### Prácticas en el aula

- Práctica 1.- Expresión de las concentraciones iónicas de aguas. Conversiones de unidades. Cálculo de errores de balance en análisis químicos.
- Práctica 2.- Representación de análisis químicos de aguas en distintos tipos de gráficos (logarítmicos verticales, poligonales, triangulares, de calidad para consumo y riego, etc).
- Práctica 3.- Establecimiento de estados de saturación de muestras de agua respecto a ciertas fases minerales.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 3

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
grados.ugr.es

Firmado por: MANUEL LOPEZ CHICANO Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 18/05/2018 09:32:07 Página: 3 / 6



dl8Y0XAfMEBzepPu/xKEzX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- Práctica 4.- Estudio de efectos de mezclas de aguas, disoluciones y precipitaciones de sales y otros procesos mediante la utilización de diagramas hidroquímicos.
- Práctica 5.- Evaluación de parámetros hidrológicos a partir de datos químicos: balance de cloruros; mezclas de aguas.
- Práctica 6.- Análisis de evolución hidrogeoquímica: identificación de las marcas climática y litológica de aguas en relación con diferentes materiales geológicos.
- Práctica 7.- Cálculos relativos al transporte de solutos en diferentes circunstancias.

#### Prácticas de Campo

En la jornada asignada para este tipo de prácticas se llevarán a cabo actividades seleccionadas del tipo de las relacionadas a continuación:

- Técnicas de toma y preservación de muestras de agua en surgencias y en captaciones (hidrocaptos; bombeos).
- Medidas "in situ" de variables físico-químicas de las aguas; dispositivos tipo "data-logger"
- Registros de conductividad y temperatura en piezómetros.
- Reconocimiento hidrogeoquímico de acuíferos, ríos o lagos/embalses.
- Visitas a ETAP y EDAR.
- Ensayos con trazadores para determinar parámetros del transporte de solutos.
- Análisis hidrogeológico de fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas.
- Técnicas de descontaminación de acuíferos.

#### BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS GENERALES DE HIDROGEOLOGÍA QUE INCLUYEN TEMAS O SECCIONES RELACIONADAS CON LOS CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA:

- 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.
- DOMENICO, P.A. y SCHWARTZ, F.W. (1990). Physical and Chemical Hydrogeology. Ed. John Wiley and Sons, Inc.
- FITTS, Ch. R. (2002). Groundwater Science. Ed. Academic Press. Elsevier.

TEXTOS ESPECÍFICOS EN RELACIÓN CON LOS CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA:



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 4

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
grados.ugr.es

Firmado por: MANUEL LOPEZ CHICANO Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 18/05/2018 09:32:07 Página: 4 / 6



dl8YOXAfiMEBzepPu/xKEzX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

- APPELO, C.A.J. y POSTMA, D. (1993). Geochemistry, groundwater and pollution. Ed. A.A. Balkema Publs. (Hay una edición posterior).
- DREVER, J.I. (1997). The Geochemistry of Natural Waters (3º ed.). Ed. Prentice Hall.
- FETTER, C.W.Jr. (1993). Contaminant Hydrogeology. Ed. Mc. Millan.
- LANGMUIR, D. (1997). Aqueous Environmental Chemistry. Ed. Prentice Hall.

#### 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>

#### METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases de aula (teoría) basadas en lecciones magistrales apoyadas en la exposición de dispositivas con figuras y gráficos sobre los temas.
- Clases de aula (prácticas) 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.

#### 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

Página 5

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: MANUEL LOPEZ CHICANO Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 18/05/2018 09:32:07 Página: 5 / 6



dl8Y0XAfMEBzepPu/xKEzX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.

UNIVERSIDAD DE GRANADA”

- Ejercicio escrito sobre contenidos de teoría y prácticas de la asignatura

INFORMACIÓN ADICIONAL

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.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Página 6

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)

Firmado por: MANUEL LOPEZ CHICANO    Secretario/a de Departamento

Sello de tiempo: 18/05/2018 09:32:07    Página: 6 / 6



dl8YOXAfMEBzepPu/xKEzX5CKCJ3NmbA

La integridad de este documento se puede verificar en la dirección <https://sede.ugr.es/verifirma/pfinicio.jsp> introduciendo el código de verificación que aparece debajo del código de barras.