

GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA HIDROGEOLOGIA

4º Curso de la Licenciatura en Geología

**Universidad de Granada
(Plan Nuevo; asignatura troncal)**

4 créditos de teoría

3.5 créditos de Prácticas (2.5 créditos de Prácticas de gabinete+2 días de campo)

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

Comprender y conocer la fase subterránea del ciclo del agua y el comportamiento hidrogeológico de las rocas.

Adquirir el concepto de acuífero y distinguir el funcionamiento de los diferentes tipos de sistemas, atendiendo a los procesos de recarga y descarga en cada caso.

Conocer las leyes hidráulicas que rigen el flujo subterráneo.

Ejercitar al alumno en las distintas fases de un reconocimiento hidrogeológico regional: inventario de puntos de agua, toma de muestras, cartografía hidrogeológica, etc.

Identificar las condiciones hidrogeológicas específicas en distintos ámbitos litológicos, geográficos, climáticos, etc.

Conocer de forma sintética el funcionamiento de las obras de captación y sus efectos en el acuífero y asimilar las bases del control de manantiales en sistemas no influenciados.

COMPETENCIAS

Resolución de problemas prácticos

Capacidad de aplicar conocimientos a la práctica

Aplicación de los conocimientos geológicos e hidrogeológicos a la demanda social de recursos hídricos, para explorar, evaluar, explotar y gestionar dichos recursos conforme a un desarrollo sostenible.

Preparación, procesamiento, interpretación y presentación de datos hidrogeológicos usando las técnicas cualitativas y cuantitativas adecuadas y, en su caso, los programas informáticos apropiados

Realización e interpretación de mapas hidrogeológicos y de otros modos de representación (columnas y cortes hidrogeológicos, etc.).

Integración, a partir de los conceptos y principios propios de la disciplina, de los datos de campo y/o laboratorio siguiendo una secuencia de observación a reconocimiento, síntesis y modelización.

Capacidad de consideración multidisciplinar de un caso hidrogeológico.

REQUISITOS

En primer lugar, el aprendizaje de esta asignatura requiere que el alumno tenga los conocimientos previos necesarios que se supone que debía haber adquirido en la enseñanza primaria y secundaria sobre cuestiones elementales de matemáticas, física y química. Por ejemplo, debe tener las nociones imprescindibles de física (densidad, velocidad, fuerza, presión, distinguir entre volumen, superficie y longitud, tener algunas nociones de sistemas de unidades, por ejemplo, el sistema internacional, etc.), química (valencia, peso equivalente, etc.) y de matemáticas (saber calcular superficies y volúmenes, saber trabajar a escala en un mapa, conocer la ecuación de la recta, tener unas mínimas nociones de cálculo logarítmico, conocer el sistema métrico decimal, etc.). Desgraciadamente, en la actualidad la mayoría de los alumnos carece de tales conocimientos básicos, lo que incluye un mínimo dominio del lenguaje oral y, sobre todo, escrito.

Por otra parte, el alumno debe contar con suficientes conocimientos geológicos básicos (estratigrafía, petrología, geología estructural, cartografía, etc.).

PROGRAMA

I. INTRODUCCIÓN

- Lección 1.- **Definición de Hidrogeología.**- Carácter pluridisciplinar de la Hidrogeología.- Métodos de trabajo.- Orientación bibliográfica básica
- Lección 2.- **El agua en la Naturaleza:** distribución.- Las aguas subterráneas.(P.1)
- Lección 3.- **Características hidrogeológicas de las rocas.**- Porosidad: concepto, tipos, variación con la profundidad, determinación.- Índice de poros.- Concepto cualitativo de permeabilidad.- Valores característicos de porosidad y permeabilidad: rocas impermeables y principales acuíferos.(P. 2)
- Lección 4.- **El ciclo del agua:** componentes y expresión simplificada.- Lluvia útil e infiltración eficaz.- Influencia de la topografía, la litología, el clima y la vegetación.- Métodos de determinación de Precipitación, Escorrentía (aforos), Evapotranspiración (potencial y real) e Infiltración. (P. 3)
- Lección 5.- **Infiltración.**- Agua de retención, agua capilar, agua gravífica : distribución.- Zona saturada y Zona no saturada : nivel freático, zona de evapotranspiración, franja capilar, capacidad de campo y punto de marchitez.-.
- Lección 6.- **Acuíferos:** Concepto.- Alimentación y descarga.- Acuíferos libres y

confinados: superficie piezométrica.- Acuíferos semiconfinados, acuíferos multicapa.- Flujo subterráneo y piezometría.- Relaciones río-acuífero.- Fluctuaciones del nivel piezométrico asociadas a la recarga: seculares, estacionales y de corto período.- Consecuencias de la explotación.- Manantiales (P. 4 a 6)

Lección 7.- **Síntesis de algunos conceptos hidrogeológicos básicos desarrollados en otras asignaturas :** A) *Investigación hidrogeológica:* inventario de puntos de agua, cartografía hidrogeológica, prospección geofísica, sondeos de reconocimiento y captación.- B) *El agua como recurso renovable:* Balance hídrico; recursos y reservas en aguas subterráneas; tiempo de residencia; demanda y planificación hidrológica: uso conjunto, regulación, recarga artificial, sobreexplotación.- C) *Hidroquímica :* Componentes, expresión de las concentraciones, facies hidroquímica, calidad del agua y contaminación. (P.7)

II. HIDRAULICA SUBTERRÁNEA

Lección 8.- **Nociones previas : principio general de la Hidrostática.** Concepto cuantitativo de cota piezométrica en condiciones hidrostáticas(P.8).

Lección 9.- **Hidrodinámica.** Régimen laminar y régimen turbulento.- Velocidad crítica y número de Reynolds.- El teorema de Bernouilli.- Concepto cuantitativo de carga hidráulica en condiciones hidrodinámicas.- Pérdida de carga y gradiente hidráulico.- Potencial de fuerzas y potencial de velocidades.- El flujo de aguas subterráneas: superficies equipotenciales y líneas de flujo.- El modelo de Toth y el modelo de Hubbert. (P. 9 y 10)

Lección 10.- **Experiencia y Ley de Darcy:** Coeficiente de permeabilidad (conductividad hidráulica) y permeabilidad intrínseca.- Velocidad de Darcy y velocidad real.- Dominio de validez de la Ley de Darcy.- Heterogeneidad y anisotropía. (P. 11 a 16)

Lección 11.- **Determinación de parámetros hidrogeológicos (I).**- Métodos de determinación de la permeabilidad en Laboratorio: permeámetros, fórmulas y métodos gráficos. (P. 17 a 20)

Lección 12.- **Determinación de parámetros hidrogeológicos (II) .**- Trazadores.- Tipos.- La circulación de los trazadores: dispersión.- Metodología de los ensayos. (P. 21)

Lección 13.- **Ecuación diferencial general del flujo.**-Transmisividad; almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento; difusividad hidráulica.- Soluciones de la ecuación diferencial general de flujo. (P. 22 y 23)

Lección 14.-**Solución gráfica de la ecuación de Laplace : redes de flujo.-**

Refracción de las líneas de flujo.

Lección 15.-**Hidráulica de captaciones (Resumen). I: Régimen Permanente.**- Hipótesis y fórmulas de Dupuit.- Radio de acción.- Relación descenso-caudal en acuíferos libres y confinados.- Caudal específico : determinación de la Transmisividad .- Ensayos de bombeo: Métodos de equilibrio (método de Thiem).- (P. 24 a 26)

Lección 16.-**Hidráulica de captaciones (Resumen). II: Régimen transitorio.**- La solución de Theis : aplicación a la evaluación de descensos.- Simplificación de Jacob y ensayos de bombeo en régimen transitorio : Métodos de variación.- Métodos de recuperación.- (P. 27 a 30)

Lección 17.- **Manantiales** : métodos de estudio.- Hidrograma : Análisis del agotamiento. (P. 31)

III.- LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN DIFERENTES ÁMBITOS

Lección 18.- **Hidrogeología de rocas plutónicas y metamórficas e Hidrogeología de rocas volcánicas:** generalidades; porosidad y permeabilidad; caudales y prospección; aspectos hidroquímicos.

Lección 19.- **Hidrogeología de rocas detríticas.**- Depósitos no consolidados: generalidades; características de los principales tipos de depósitos; porosidad y permeabilidad; prospección;- Hidrogeología de materiales detríticos consolidados.- Características hidroquímicas.

Lección 20.- **Hidrogeología de rocas carbonáticas** .- Porosidad y permeabilidad: efecto de la escala.-Acuíferos fisurados y acuíferos karstificados.- Modelo conceptual de un acuífero kárstico.- Características hidrodinámicas: métodos de estudio (ensayos, análisis del hidrograma de manantiales, etc.)- Características hidroquímicas y vulnerabilidad.- Prospección, explotación y regulación.

Lección 21.- **Acuíferos costeros e intrusión marina** .- Introducción: definiciones; la intrusión marina como contaminación.- Relaciones agua dulce-agua salada: la interfase.- Técnicas de reconocimiento y estudio .- Consecuencias de la explotación: Formación de domos salinos, Progresión de la cuña de intrusión.- Reserva "de una sola vez".- Métodos de prevención y control. (P. 32)

Lección 22.- **Aguas termales y minerales.**- Cuestiones terminológicas.- Aguas minerales.- La temperatura de las aguas subterráneas: aguas termales.- Transporte de calor por el flujo subterráneo.- Hidrogeotermia : Recursos y yacimientos hidrogeotérmicos.

Prácticas de gabinete y laboratorio

- 1.- Magnitudes, dimensiones, unidades. Aproximación y error. Coeficientes de conversión. (L.2)
- 2.- Determinación de porosidad, contenido en humedad, grado de saturación (L.3)
- 3.- Tratamiento de datos hidrológicos (P, ET, Q, etc.), coeficientes de infiltración y escurrentía, etc. (L. 4)
- 4.- Caudal medio de descarga de un manantial (L. 6)
- 5.- Elaboración e interpretación de mapas piezométricos. Cálculo de gradiente hidráulico. (L. 6)
- 6.- Cálculo de la recarga pluviométrica y de la descarga por bombeo. (L. 6)
- 7.- Ejemplo de balance hídrico con variación de volumen de agua almacenada (L.7)
- 8.- Cota piezométrica y presión en condiciones hidrostáticas (L.8)
- 9.- Cálculo de la velocidad crítica a partir del número de Reynolds (L. 9)
- 10.- Cálculo de energía total por unidad de masa y por unidad de peso. Cálculo de cota piezométrica. (L. 9)
- 11.- Coeficiente de permeabilidad y permeabilidad intrínseca (L. 10)
- 12.- Ejemplos de aplicación de la Ley de Darcy : evaluación de caudal de flujo, cálculo de gradiente hidráulico, etc.
- 13.- Cálculo de gradiente y estimación de permeabilidad en mapas de isopiezas (L. 10)
- 14.- Cálculo de la permeabilidad en secuencias estratificadas heterogéneas (Permeabilidad paralela y perpendicular a la estratificación). (L. 10)
- 15.- Evaluación de gradiente hidráulico e identificación de equipotenciales en secciones bidimensionales con flujo vertical, flujo horizontal (acuífero confinado) y en acuífero libre. (L. 10)
- 16.- Varios ejemplos de evaluación de caudales de flujo, trazado de perfiles piezométricos y verificación de la aplicabilidad de la ecuación de Darcy en materiales heterogéneos. (L. 10)
- 17.- Permeametría de carga constante. (L. 11)
- 18.- Permeametría de carga variable. (L. 11)
- 19.- Determinación de Permeabilidad por métodos gráficos (Bredding). (L. 11)
- 20.- Utilización de fórmulas para el cálculo de la permeabilidad. (L. 11)
- 21.- Determinación de porosidad eficaz y velocidad de flujo con trazadores (método de dilución). (L. 12)
- 22.- Almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento en acuífero libre y en acuífero confinado (L.13)
- 23.- Cálculos con valores de coeficiente de almacenamiento, volúmenes de agua cedidos o almacenados y variaciones de carga hidráulica. (L. 13)
- 24.- Fórmulas de Dupuit : influencia del radio del pozo (L. 15)
- 25.- Estimación de la Transmisividad a partir del caudal específico (L. 15).
- 26.- Ensayos de bombeo en Régimen Permanente : Evaluación de T y R (L. 15)
- 27.- Evaluación de descensos con la ecuación de Theis (L.16)
- 28.- Evaluación de descensos con la ecuación de Jacob (L.16)
- 29.- Ensayos de bombeo en Régimen Transitorio : evaluación de T y S con la ecuación simplificada de Jacob (L. 16)
- 30.- Ensayos de recuperación (L. 16)
- 31.- Hidrogramas de manantiales: Determinación del coeficiente de agotamiento y del volumen de agua almacenada por encima de la cota de la surgencia (L. 17)
- 32.- Cálculos en relación con acuíferos costeros: profundidad y penetración de la interfase, etc. (L. 21)

Prácticas de campo

- A.- Utilización de equipo hidrogeológico de campo: sonda eléctrica, toma-muestras, medidores de conductividad y oxígeno disuelto, molinetes, etc.
- B.- Visitas a acuíferos de interés (sistemas kársticos, acuíferos aluviales, acuíferos costeros, grandes cuencas terciarias, cuestiones hidrogeológicas en áreas de interés ecológico y medio-ambiental, etc.).

Pruebas de calificación

Se realiza una prueba que consta de cuestiones teóricas y prácticas.

BIBLIOGRAFIA

- BRASSINGTON, R. (1988).- "*Field Hydrogeology*".
Open University Press, John Wiley & Sons.
- CASTANY, G. (1963).- "*Traité pratique des eaux souterraines*".
Ed. Dunod (trad. castellana: Ed. Omega).
- CASTANY, G. (1967).- "*Prospection et exploitation des eaux souterraines*".
Ed. Dunod (trad. castellana: Ed. Omega).
- CASTANY, G. (1982).- "*Principes et méthodes de l'Hydrogéologie*".
Ed. Dunod, 238 pg.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1976).- "*Hidrología subterránea*".
Ed. Omega, 2 vol., XXXIII+XXXII+2359 pg.
- DAVIS, S.N. y DE WIEST, R.J.M. (1966).- "*Hydrogeology*".
Ed. John Wiley and Sons, (trad. castellana: Ed. Ariel).
- DEMING, D. (2001).- "*Introduction to Hydrogeology*".
McGraw-Hill Higher Education, 468 pg.
- DOMENICO, P.A. y SCHWARTZ, F.W. (1990).- "*Physical and Chemical Hydrogeology*".
Ed. Wiley. (nueva edición en 1998, 506 pg.)
- FETTER, C.W.J.R. (1980).- "*Applied Hydrogeology*".
Charles E. Merrill. Pub. Co. (3ª ed., Prentice-Hall, 1994, 691 pg, nueva edición en 2001)
- FITTS, C.R. (2002).- "*Groundwater Science*".
Academic Press (Elsevier Science), 450 pg.
- FREEZE, R.A. y CHERRY, J.A. (1979).- "*Groundwater*".
Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- HUDAK, P.F. (2000).- "*Principles of Hydrogeology*".
Lewis Pub., 204 pg.
- LOHMAN, S.W. (1972).- "*Ground Water Hydraulics*".
U.S. Government Printing Office, (trad. castellana: Ed. Ariel).
- MARSILY, G. (1983).- "*Hydrogéologie quantitative*".
Pub. CIG; ENSMP, París.
- SCHOELLER, H. (1962).- "*Les Eaux souterraines*".
Ed. Masson.
- SERRANO, S.E. (1997).- "*Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals*".-
HydroScience Inc., 452 pg.
- TODD, D.K. (1972).- "*Groundwater Hydrology*".
John Wiley and Sons, Inc. (trad. Ed. Paraninfo).
- WEIGHT, W.D. and SONDEREGGER, J.J. (2000).- "*Manual of Applied Field Hydrogeology*".
McGraw-Hill, 608 pg.