



---

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA  
*G-4112, Hidrogeología*

Créditos: 3

Horas Lectivas: 6 horas

Horario: Lunes 13-15:50, Jueves 13-15:50

Requisitos: Física II (FS-0310), Geomorfología (G-0316)

Ciclo lectivo: I ciclo 2016

Tipo de Curso: Teórico-Práctico

Profesor: Dr. Marco Barahona Palomo

[marco.barahona@ucr.ac.cr](mailto:marco.barahona@ucr.ac.cr)

Oficina: 313

Horas de consulta: martes 9-12 o en un horario a convenir (escribanme un email para ponernos de acuerdo al menos un día antes).

## 1. Descripción del curso

El uso del agua subterránea ha aumentado en el planeta debido al deterioro del recurso hídrico superficial, lo que hace necesario evaluar las formas de exploración, captación y extracción del recurso hídrico subterráneo de manera sustentable.

Este curso brinda los conceptos básicos para el estudio del agua subterránea; se estudian las características del medio geológico y las leyes que gobiernan el flujo del agua tanto en la zona no saturada como en la saturada. Se analizan las propiedades hidráulicas de los acuíferos (conductividad hidráulica, transmisividad, almacenamiento, etc.) y los métodos que se utilizan para medir estos parámetros (pruebas de bombeo, pruebas de infiltración, y ensayos de laboratorio).

Se estudia el ciclo hidrológico, sus componentes y los procesos que ocurren en la parte baja de la atmósfera y en la superficie de la Tierra, que inciden en la recarga acuífera y en el flujo del agua subterránea. Además se brindan herramientas para evaluar la calidad del agua subterránea, las fuentes de contaminación y delimitación de zonas de protección de captaciones de agua subterránea entre otros.

## 2. Objetivos

Objetivo general: Estudiar los conceptos básicos de la hidrogeología para comprender la dinámica del agua subterránea en el medio geológico a través del cual fluye y su rol preponderante en el ciclo hidrológico.



Objetivos específicos:

- a. Estudiar los conceptos básicos del ciclo hidrológico para comprender la interrelación entre el agua superficial y el agua subterránea.
- b. Aprender las herramientas prácticas y los métodos utilizados para caracterizar el recurso hídrico subterráneo en cantidad y calidad.
- c. Identificar los procesos que pueden afectar la calidad del agua subterránea y las alternativas para la prevención de la contaminación
- d. Brindar herramientas para el uso sustentable del recurso hídrico subterráneo.

### 3. Contenido

#### A. Desarrollo teórico por temas

**Tema 1. Definiciones y conceptos básicos de la hidrogeología e hidrología.** Problemática mundial del recurso hídrico y situación en Costa Rica.

**Tema 2. Elementos de hidrología y zona no saturada.** Conceptos básicos de hidrología. Humedad del suelo, capilaridad y el anillo capilar, flujo en la zona no saturada. La cuenca hidrográfica, elementos del ciclo hidrológico (precipitación, escorrentía, evapotranspiración, infiltración, flujo base), balance hídrico, recarga de los acuíferos.

**Tema 3. Propiedades de los acuíferos.** Conceptos básicos de hidrogeología. Porosidad según el tipo de material, rendimiento específico, conductividad hidráulica, permeabilidad, gradiente hidráulico, nivel del agua subterránea, tipos acuíferos, capas confinantes, acuíferos colgados, presencia del agua subterránea en diferentes ambientes geológicos. Nivel freático, superficies piezométricas, río influente vs efluente, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, compresibilidad y esfuerzo efectivo, homogeneidad e isotropía.

**Tema 4. Principios del flujo del agua subterránea.** Energía mecánica, carga hidráulica, ecuación de Darcy, número de Reynolds, descarga específica y velocidad promedio lineal, piezómetros, redes de flujo, zonas de recarga, descarga. Zonas de captura de pozos y manantiales. Cuenca hidrográfica y cuenca hidrogeológica.

**Tema 5. Captación y extracción del agua subterránea.** Conceptos, tipos de captaciones, componentes de un pozo, piezómetros, pozos radiales, pozos verticales. Diseño de pozos. Factores de diseño: diámetros, rejillas, granulometrías, materiales constructivos, empaques de grava.

**Tema 6. Hidráulica de pozos y captaciones.** Concepto de régimen permanente y no permanente, efectos de la anisotropía y heterogeneidad de los acuíferos, caudal específico y eficiencia de un pozo, efectos de las barreras hidrogeológicas. Teoría de los ensayos de



bombeo (métodos de análisis según el tipo de acuífero: Theim, Theis, Jacob, Neuman, Cooper-Jacob). Efecto de la penetración parcial de pozos. Ensayo de recuperación.

**Tema 7. Exploración de aguas subterráneas.** Concepto de la exploración del agua subterránea. Estudios preliminares, recopilación de información. Estudios de la demanda de agua. Métodos geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos para la exploración del agua subterránea en distintos ambientes geológicos.

**Tema 8. Introducción a la Hidrogeoquímica.** Evolución química de las aguas subterráneas, clasificación del agua subterránea (diagramas de Piper) y principales constituyentes, representación (gráficos de Stiff, pastel, etc.), criterios de calidad del agua, etc.

**Tema 9. Introducción a la contaminación del agua subterránea.** Tipos y fuentes de contaminación. Ejemplos de plumas de contaminación en medios porosos y fracturados. Procesos que afectan la migración de los contaminantes: advección, dispersión mecánica, difusión molecular, atenuación química y biológica, ecuación de advección-dispersión. Tiempos de tránsito.

#### 4. Metodología

Se pretende que el o la estudiante sea capaz de dominar los conceptos más importantes de la hidrogeología, de ampliar el pensamiento práctico matemático y de contextualizar la importancia de la hidrogeología en la realidad nacional al finalizar el curso.

El estudiante será capaz de llevar a cabo mediciones de capacidad de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica, así como diseñar pozos y realizar e interpretar los resultados de las pruebas de bombeo, además de determinar la calidad del agua y conocer las herramientas más usadas en la prevención de la contaminación del agua subterránea.

En forma complementaria se utilizará la plataforma oficial de la Universidad de Costa Rica (<http://mediacionvirtual.ucr.ac.cr/>), ahí aparecerá la información relacionada de cada contenido del curso así como las instrucciones de las giras que se realizarán. La clave del curso es **Hidro2017**. Es responsabilidad del estudiante matricularse en el aula virtual.

Las lecciones se impartirán de manera magistral en el aula 202 de la ECG. Se realizarán cuatro giras de campo y un ejercicio en el laboratorio para ilustrar los conceptos aprendidos. El reporte de las giras de campo y de laboratorio será grupal.



Durante la gira los estudiantes contestarán un cuestionario corto sobre el trabajo realizado o sobre información previa que deben investigar sobre el sitio a visitar o la práctica a realizar; este cuestionario equivale a un 25% del porcentaje del informe. Los informes serán grupales y el número de participantes en cada grupo se definirá a convenir durante el semestre. El informe debe entregarse máximo diez días hábiles después de realizada la gira/práctica. A los informes que se entreguen después de la fecha establecida, se les descontarán 10 puntos (tomando como base 100), por cada día de atraso, hasta un máximo de tres días, luego de este periodo no se recibirán los informes.

Durante el curso se realizará un proyecto individual de investigación bibliográfica sobre acuíferos de Costa Rica.

En algunos días del curso se realizarán comprobaciones de lectura de artículos (quices), el profesor avisará 8 días antes la fecha de la comprobación.

## 5. Cronograma

| Semana | Fecha         | Lunes  | Jueves   |
|--------|---------------|--|--|
| 1      | 13 - 17 Marzo | Cap.1 Definiciones y conceptos básicos.  | Cap.1 Definiciones y conceptos básicos.            |
| 2      | 20 – 24 Marzo | Cap.2 Elementos de hidrología y zona no saturada.                                  | Cap. 2 Elementos de hidrología y zona no saturada. |
| 3      | 27- 31 Marzo  | Cap. 2 Elementos de hidrología y zona no saturada.                                 | Cap. 2 Elementos de hidrología y zona no saturada. |
| 4      | 3 - 7 Abril   | Cap. 3 Propiedades de los acuíferos. <b>5 abril- Gira #1: Aforo e infiltración</b> | <b>I Examen Parcial</b>                            |
| 5 SS   | 10 - 14 Abril | No hay clases  | No hay clases                                      |
| 6      | 17 - 21 Abril | Cap. 3 Propiedades de los acuíferos.   | Cap. 3 Propiedades de los acuíferos                |
| 7 SU   | 24 - 28 Abril | Cap. 3 Propiedades de los acuíferos  | Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.  |
| 8      | 1 - 5 Mayo    | No hay clases  | Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.  |
| 9      | 8 - 12 Mayo   | Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.                                  | Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea. |
| 10     | 15 - 19 Mayo  | <b>II Examen Parcial. 17 Mayo - Gira #2: Hidroestratigrafía</b>                    | Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea. |



|    |                   |  |  |
|----|-------------------|--|--|
| 11 | 22 - 26 Mayo      | Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea.   | Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.                     |
| 12 | 29 Mayo - 2 Junio | Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones. <b>31 Mayo - Gira # 3: Visita a una perforación</b> | Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.                     |
| 13 | 5 Junio - 8 Junio | Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.   | Cap.7 Exploración del agua subterránea.                      |
| 14 | 12 - 16 Junio     | <b>III Examen Parcial. 14 Junio - Gira # 4: Prueba de bombeo</b>                             | Cap.7 Exploración del agua subterránea.                      |
| 15 | 19 - 22 Junio     | Cap.8 Clasificación del agua subterránea. <b>14 Junio - Gira # 4: Prueba de bombeo</b>       | Cap.8 Clasificación del agua subterránea                     |
| 16 | 26 - 30 Junio     | Cap. 9 Introducción a la contaminación del agua subterránea.                                 | Cap. 9 Introducción a la contaminación del agua subterránea. |
| 17 | 3 - 7 Julio       |  | <b>Examen Final</b>  |

## B. Cronograma de prácticas de campo y laboratorio:

Para alcanzar los objetivos del curso se realizarán las siguientes actividades:

**Gira #1:** Práctica de aforos (molinete, flotador). Prueba de infiltración: métodos de Porchet y doble anillo. Lugar: Valle Central (cerca del volcán Poás). **Fecha: miércoles 5 de abril.**

**Práctica de laboratorio:** Principios del flujo del agua subterránea, uso del permeámetro. **Fecha: jueves 20 de abril durante la clase.**

**Gira #2:** Hidroestratigrafía del Valle Central. **Fecha: miércoles 17 de mayo.**

**Gira #3:** Visita a una perforación. Lugar: Valle Central. **Fecha: miércoles 31 de mayo.**

**Gira #4:** Prueba de bombeo. Lugar: Valle Central. **Fecha: miércoles 14 de junio.**



## 6. Evaluación

|  |      |
|--|------|
| I Examen parcial                                 | 10%  |
| II Examen parcial                                | 10%  |
| III Examen parcial                               | 10%  |
| Examen Final                                     | 30%  |
| Quices   | 10%  |
| Proyecto de investigación                        | 10%  |
| Informes de las prácticas de campo y laboratorio | 20%  |
| TOTAL  | 100% |

Durante la SEMANA U no se suspenderán las lecciones.

## 7. Bibliografía

- Benítez, A. 1972; Captación de aguas subterráneas: nuevos métodos de prospección y de cálculo de caudales. pp.619.
- CEPIS, 1991; Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas.
- Custodio, E. y Llamas, M. 1976; Hidrología Subterránea, Tomos I y II. Edit. OMEGA.
- Driscoll, F.G. 1986; Groundwater and Wells. pp. 1089
- Fetter, C.W. 2001; Applied Hydrogeology. Edit. Prentice Hall, Inc. pp. 598
- Fetter, C.W. 1979; Contaminant hydrogeology.
- Freeze, A. y Cherry, J. 1979; Ground Water. Edit. Prentice Hall, Inc. pp.604.
- FCIHS, 2009; Hidrogeología. pp. 768.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia M., Paris, M., 2003; Protección de la calidad del agua subterránea. Banco Mundial.
- Johnson, E. Division. 1975; El agua subterránea y los pozos.
- Todd, D.K. 1980; Groundwater Hydrology. pp.535.