



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



ESCUELA  
CENTROAMERICANA  
DE GEOLOGÍA

---

**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

Profesores:

MSc. Ingrid Vargas Azofoifa

[ingrid.vargas@ucr.ac.cr](mailto:ingrid.vargas@ucr.ac.cr)

[piroxenos@gmail.com](mailto:piroxenos@gmail.com)

Oficina: 312

Dr. Marco Barahona Palomo

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

Oficina: 313

## **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.** Conceptos básicos de hidrología e hidrogeología. Problemática mundial del recurso hídrico y situación en Costa Rica.

**Tema 2. Elementos de hidrología y zona no saturada.** 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.** 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.

## **B. 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 (Grupo 1), río Machuca (Grupo 2).

Fecha: miércoles 13 de abril (grupo 1), 20 de abril (grupo 2).

**Práctica de laboratorio:** Principios del flujo del agua subterránea, uso del permeámetro.

Fecha: viernes 15 de abril;

**Gira #2:** Hidroestratigrafía del Valle Central. Lugar: Oeste del Valle Central.

Fecha: miércoles 11 de mayo (grupo 1), 18 de mayo (grupo 2).

**Gira #3:** Visita a una perforación. Lugar: por definir



Fecha: martes 24 y miércoles 25 de mayo (todos).

**Gira #4:** Prueba de bombeo. Lugar: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Fecha: miércoles 15 de junio (todos).

La asistencia a las prácticas es obligatoria, así como la presentación de informes grupales (los grupos serán definidos posteriormente), los cuales deberán entregarse diez días hábiles después de realizadas las prácticas. 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.

#### 4. Metodología

Las lecciones se impartirán de manera magistral con demostraciones prácticas. Además se realizarán prácticas de campo y laboratorio para ilustrar los conceptos aprendidos. Se realizará una tarea y un foro durante el semestre.

Se pretende que el o la estudiante sea capaz de dominar los conceptos más importantes de la hidrogeología y de ampliar el pensamiento práctico matemático 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 usará la plataforma de mediación virtual de la Universidad de Costa Rica para facilitar el acceso a materiales de interés en el curso, para lo cual, la primera semana de lecciones se le facilitará a los estudiantes una clave de acceso, posteriormente cada estudiante deberá matricularse en el aula virtual <http://mediacionvirtual.ucr.ac.cr/> siguiendo las indicaciones del docente.

#### 5. Cronograma

Semana	Fecha	Lunes	Jueves
1	7 - 11 Marzo	Cap.1 Definiciones y conceptos básicos.	Cap.1 Definiciones y conceptos básicos.
2	14 – 18	Cap.2 Elementos de hidrología y zona no saturada.	Cap. 2 Elementos de hidrología y zona no saturada.
3	21 - 25	<b>No hay clases</b>	<b>No hay clases</b>



4	28 – 1	Cap. 2 Elementos de hidrología y zona no saturada.	Cap.2 Elementos de hidrología y zona no saturada.
5	4 - 8 Abril	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos
6	11 – 15 Abril	<b>No hay clases</b>  <u>Gira #1: Aforo e infiltración</u> Fecha: miércoles 13 de abril G1 Hora de salida: 7 am	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos  Práctica de conductividad hidráulica Viernes 15 de abril. 9 am, 10 am, 11am
7	18 – 22	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos  <u>Gira #1: Aforo e infiltración</u> Fecha: miércoles 20 de abril G2 Hora de salida: 7 am	Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.
8	25 – 29	<u>Examen Parcial</u>	Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.
9	2 – 6 Mayo	Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.	Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea.
10	9 - 13 Mayo	Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea.  <u>Gira #2: Hidroestratigrafía</u> Fecha: miércoles 11 de mayo G1 Hora de salida: 7 am	Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea.
11	16 – 20	Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.  <u>Gira #2: Hidroestratigrafía</u> Fecha: miércoles 18 de mayo G2 Hora de salida: 7 am	Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.
12	23 – 27	Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.  <u>Gira # 3: Visita a Perforación</u> Fecha: 24-25 de mayo Hora de salida: 7 am	Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.



13	30 – 3	Cap.7 Exploración del agua subterránea.	<i><u>II Examen Parcial</u></i>
14	6 – 10 Junio	Cap.7 Exploración del agua subterránea.	Cap.8 Clasificación del agua subterránea
15	13 - 17	Cap.8 Clasificación del agua subterránea  <i><u>Gira # 4: Prueba de bombeo</u></i> Fecha: miércoles 15 de junio Hora de inicio: 7 am	Cap. 9 Introducción a la contaminación del agua subterránea.
16	20 – 24	Cap. 9 Introducción a la contaminación del agua subterránea.	
17	27 – 1	<i><u>Examen final</u></i>	
18	4– 8 Julio		<i><u>Examen de ampliación 7 julio</u></i>

## 6. Evaluación

I Examen parcial	22%
II Examen parcial	20%
Examen Final	40%
Foro	1%
Tarea	2%
Informes de las prácticas de campo y laboratorio	15%
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



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



ESCUELA  
CENTROAMERICANA  
DE GEOLOGÍA

- 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.