



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA**

G-4112, Hidrogeología
Grupo 01, Aula 311 ECG

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 2017

Tipo de Curso: Teórico-Práctico

Profesora:

M.Sc. Ingrid Vargas Azofeifa

ingrid.vargas@ucr.ac.cr

piroxenos@gmail.com

Oficina: 312

Horas de consulta: Martes 7:30- 12 md y mediante aula virtual según resolución VD-R-9285-2015

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, extracción y captación 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, tales como: 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.

Se concientiza al estudiante acerca de las responsabilidades y bondades en el ejercicio de la profesional en geología, específicamente en la realización de trabajos y estudios hidrogeológicos.



2. Objetivos

Objetivo general: Estudiar los conceptos básicos de la hidrogeología, la dinámica del agua subterránea en el medio geológico y su rol en el ciclo hidrológico para mejorar la gestión del recurso hídrico.

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. ¿Qué hace un profesional en hidrogeología?, ética en el ejercicio de la hidrogeología.

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:

- 1) Proyecto: elaboración de un estudio hidrogeológico básico.

Se realizará a lo largo de semestre y tiene varios componentes. El proyecto tiene como objetivo familiarizar a los estudiantes en la realización de estudios hidrogeológicos básicos, se estudiarán diferentes metodologías para realizar los ensayos de campo, y el procesamiento de los datos y su análisis, además se conocerán cuáles son los componentes clave de este tipo de estudios. La meta es que los estudiantes elaboren y entreguen un estudio hidrogeológico básico al final del curso.



- 2) Práctica de laboratorio: se realizará en el Laboratorio de Hidrogeología y su objetivo es ilustrar los principios del flujo del agua subterránea, por medio de la realización de un ensayo de permeabilidad en el laboratorio.
- 3) Visita a una perforación: el objetivo es conocer el proceso de perforación y armado de un pozo, para lo cual se realizará una visita a una perforación, el lugar se informará oportunamente en el curso.

La asistencia a las prácticas es obligatoria, así como la presentación de informes grupales, los grupos serán conformados por los estudiantes, máximo 4 integrantes por grupo. Los informes deberán entregarse en las fechas indicadas por la docente del curso. Los informes deben entregarse en la fecha indicada, 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 aplicarán tareas y quices previa comunicación del profesor, en cualquier momento del semestre. Los estudiantes realizarán un proyecto de clase en grupos de máximo cuatro personas, el cual contempla actividades de campo y de oficina, y deberán entregar dos informes escritos según el cronograma del curso. 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 realizar estudios hidrogeológicos básicos, construir y conocer la importancia de las redes de flujo, 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 Moodle que tiene 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	13 - 17 Marzo	Cap.1 Definiciones y conceptos básicos.	Cap.1 Definiciones y conceptos básicos.
2	20 – 24	Cap.2 Elementos de hidrología y zona no saturada.	Cap. 2 Elementos de hidrología y zona no saturada.
3	27 - 31	Cap. 2 Elementos de hidrología y zona no saturada.	Cap.2 Elementos de hidrología y zona no saturada.
4	3 – 7	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos <u>Práctica de laboratorio 1: conductividad hidráulica (durante la clases)</u>
	10 - 15 Abril	Semana Santa. No hay clases	No hay clases
5	17 – 21 Abril	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos <u>! Avance Proyecto de clase</u>	Cap. 3 Propiedades de los acuíferos
6	24 – 28	Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.	Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.
7	1 – 5 Mayo	<u>1 de mayo no hay lecciones</u>	<u>! Examen Parcial</u>
8	8 - 12 Mayo	Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea. <u>Gira # 1: Recinto Santa Cruz, Guanacaste</u> Fecha de salida: martes 9 de mayo, 6 am Fecha de regreso: Jueves 11 de mayo, 6 pm	<u>Gira # 1: Recinto Santa Cruz, Guanacaste</u>
9	15 - 19 Mayo	Cap. 4 Principios del flujo del agua subterránea.	Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea.
10	22 – 26	Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea.	Cap.5 Captación y extracción del agua subterránea.



11	29 – 2 Junio	Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones. <u>Gira # 2: Visita a una perforación</u> Fecha: miércoles 31 de mayo Hora de inicio: 6 am Finalización: 6 pm	Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.
12	5 – 9	Cap.6 Hidráulica de pozos y captaciones.	Cap.7 Exploración del agua subterránea.
13	12– 16 Junio	Cap.7 Exploración del agua subterránea.	<u>II Examen Parcial</u>
14	19 - 23	Cap.8 Clasificación del agua subterránea <u>Informe final-proyecto de clase</u>	Cap.8 Clasificación del agua subterránea
15	26 – 30	Cap. 9 Introducción a la contaminación del agua subterránea.	Cap. 9 Introducción a la contaminación del agua subterránea.
16	3 – 7	Aclaración de dudas	<u>Examen final: jueves 6 de julio</u>
17	10– 14 Julio		<u>Examen de ampliación: jueves 13 de julio</u>

1. Evaluación

I Examen parcial	20%
II Examen parcial	20%
Examen Final	35%
Tareas + Quices	3%
Proyecto de clase	18%
Práctica de laboratorio y Visita a perforación	4%
TOTAL	100%

Durante la SEMANA U no se suspenderán las lecciones.



2. 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.