



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
PROGRAMA DE ACTIVIDAD ACADÉMICA



Nombre de la Asignatura: **HIDROGEOLOGÍA**

Clave: 63615	Semestre (2020-1):	Campo de Conocimiento:	No. Créditos: <b>8</b>		
		I Geofísica de la Tierra Sólida ( )	II Exploración, Aguas Subterráneas, Modelación y Percepción Remota ( <b>X</b> )	III Geología ( )	IV Ciencias Ambientales y Riesgos ( )
<b>Carácter:</b>		<b>Horas</b>		<b>Horas por semana</b>	<b>Horas al semestre</b>
<b>Tipo: Teórico-Práctica</b>		<b>Teoría: 60</b>	<b>Práctica: 06</b>	<b>3.7</b>	<b>66</b>
<b>Modalidad: Curso</b>			Duración del programa: <b>Semestral</b>		

**Seriación:** Sin seriación ( **X** ) Obligatoria ( **X** ) Indicativa ( )

Actividad académica antecedente: Introducción a la hidrogeología Teoría del Flujo, Geología, Química, Matemáticas,

Actividad académica subsecuente: Hidrogeología de contaminantes, Hidrogeoquímica, Hidrogeología regional, Estudios de caso.

**OBJETIVO GENERAL:**

El alumno comprenderá el proceso de interacción agua roca y su influencia en la evolución físico, química del agua subterránea y su funcionamiento conforme al contexto geológico, así como la interacción agua superficial -agua subterránea y los ecosistemas. Con base en este conocimiento y de parámetros ambientales (topografía, suelo, vegetación, manantiales, isótopos) entenderá y establecerá el funcionamiento integral del agua subterránea bajo el concepto de los sistemas de flujo Tothianos del agua subterránea, todo esto enfocado a elaborar la más óptima evaluación y estudios para la gestión integral del agua

**Índice Temático**

Unidad	Tema	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	<b>Ciclo del Agua en la Superficie Terrestre</b>	<b>4</b>	
2	<b>Zona no Saturada- Agua Subterránea</b>	<b>3</b>	
3	<b>El Contexto Geológico del Agua Subterránea</b>	<b>5</b>	
4	<b>Movimiento del Agua Subterránea</b>	<b>6</b>	
5	<b>Ecuaciones principales del Flujo, Condiciones y Redes de Flujo</b>	<b>3</b>	
6	<b>Hidráulica de Acuíferos</b>	<b>5</b>	
7	<b>Hidrogeoquímica</b>	<b>7</b>	
8	<b>Fundamentos y Análisis de los Sistemas de Flujo Tothianos del Agua Subterránea</b>	<b>8</b>	
9	<b>Exploración del Agua Subterránea</b>	<b>9</b>	

10	<b>Introducción a la Simulación del Flujo de Agua Subterránea</b>	<b>9</b>	
11	<b>Modelo Hidrogeológico</b>	<b>3</b>	
12	<b>Práctica laboratorio</b>		<b>4</b>
Total de horas:		<b>60</b>	<b>4</b>
Suma total de horas:		<b>66</b>	

La práctica de campo al final del semestre tiene una duración de dos a tres días

### Contenido Temático

Unidad	Tema y Subtemas
1	<b>Ciclo del Agua en la Superficie Terrestre</b> Precipitación Evaporación Escurrimiento y cuerpos de agua continentales Infiltración
2	<b>El Agua en la Zona no saturada</b> Porosidad La zona no saturada Flujo en la zona no saturada Recarga - Descarga
3	<b>Contexto Geológico del Agua Subterránea:</b> Origen de la porosidad, tipos de porosidad y Permeabilidad Rocas granulares no consolidadas Rocas sedimentarias (detríticas y carbonatadas) Rocas volcánicas e ígneas Rocas metamórficas Estructuras geológicas
4	<b>Movimiento del aguas subterránea</b> Gradiente hidráulico: Concepto de potencial (Hubbert) Ley experimental de Darcy, (velocidad de Darcy) Gradiente y movimiento del agua subterránea Conductividad hidráulica y permeabilidad de la litología Heterogeneidad y homogeneidad Isotropía, anisotropía y clasificación de acuíferos Validez de la Ley Darcy Medición de conductividad hidráulica en laboratorio Flujo en rocas fracturadas Flujo en zona no saturada Mapas de flujo en sistemas geológico
5	<b>Ecuaciones principales del flujo condiciones y redes de flujo</b> Condiciones de contorno y redes de flujo Ecuaciones de estudio del agua subterránea Conservación de masa y el fluido Propiedades de almacenamiento del medio poroso
6	<b>Hidráulica de acuíferos</b> Condiciones de estado Estacionario y Transitorio en: En Acuífero Libre y Acuífero confinado Pruebas hidráulicas, modelos de análisis, métodos y aplicaciones Pruebas de inyección o extracción método de cuchareo (Slug) Pruebas en un solo pozo Errores
7	<b>Hidrogeoquímica:</b> Sistemas acuosos Equilibrio vs reacciones cinéticas. Sistema carbonatos

	<p>Compuestos orgánicos  Composición del agua subterránea  Interpretación de datos químicos  Evolución hidroquímica del flujo de agua subterránea  Reacciones oxido reducción</p>
8	<p><b>Fundamentos y análisis de los sistemas de flujo Tothianos del agua subterránea:</b>  Permeabilidad, conductividad hidráulica y Almacenamiento.  El referente superficial (geomorfología, suelos, vegetación, topografía, manantiales, humedales  El Contexto geológico  El sistema de flujo subterráneo y elementos para su definición (físicos, químico, hidrológicos, biológico)  Zonas de descarga, tránsito y descarga  El flujo local, intermedio, regional y zonas de no flujo</p>
9	<p><b>Exploración del Agua Subterránea:</b>  <b>Métodos geológicos:</b>  Teledetección  Geomorfología  Estratigrafía  Contexto estructural- tectónico  Datos directos  <b>Métodos geofísicos:</b>  Gravimétricos  Registros Eléctricos  Registro de potencial  Registros de pozos  Registros Sónicos  Caliper</p>
10	<p><b>Introducción la simulación del flujo de agua subterránea</b>  Modelo general de aproximación  Modelo conceptual  Formulación de una ecuación en diferencias finitas para el flujo  Formulación de una ecuación en elemento finito para el flujo  Simulación y Previsiones</p>
11	<p><b>Modelo Hidrogeológico:</b>  Concepto del modelo hidrogeológico en la evaluación del impacto ambiental  Balance hidrogeológico y variaciones espacio-temporales de parámetros  Problemas del método del balance de agua subterránea</p>

#### **Bibliografía Básica:**

- Appelo, C.A.J. & Postma, D. (1993). Geochemistry, groundwater and pollution. A.A. Balkema, Rotterdam, 536 pp.
- Barrets. E. 1990. Satellite remote sensing for hydrology and waste management. Ed. Barrets, E. Gordon, & breache science.
- Beck, Barry. F., & Wilson W. L. 1987. Kars Hydrogeology: Eng. and environmental applications. Ed. Beck. Barry. F., & Wilson W. L. Univ. Central Florida.
- Brassington ,R. 1991. Field Hydrogeology. Geol.Soc. London, Prof. Handbook. Ed. Halsted Press. J. Wiley
- Custodio E. Llamas E. 1983 Hidrología subterránea. Ed. Omega. T. I, II
- De Marsily, G. (1986). Quantitative Hydrogeology for Engineers, Academic Press, New York, 440 p.
- Domenico. P. A., Schawartz F.W., 1998, Physical and Chemical hydrogeology. De. Johns Wiley.
- Fletcher,G. Driscoll., 1986. Groundwater and wells. De. Johnson Divison
- Freeze, R.A. y Cherry J.A., 1979. Groundwater. Prentice Hall, New Jersey,
- Hem, D.J. 1984. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S. Surv. Water Supp. No. 1473
- Lloyd, J.W. Heathcote, J.A. 1985. Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. An introduction. Clarendon Press Oxford
- Mijailov, L. 1985. Hidrogeología. Ed. Mir.

Price Michael., 2003. Agua subterránea. Ed, Limusa Mexico .D.F. 330 p  
 Rushton , K.R., 2003. Groundwater Hydrology “Conceptual and computacional models “. Ed, J.Wiley & Sons 416p  
 Tóth, J, (2009). Gravitational systems of Groundwater Flow, Theory, evaluation, Utilization. Cambridge University Press. ISBN-13 978-0-511-53440-9  
 Vedat Batu. 1998. Aquifer Hydraulics A comprehensive guide to Hydrogeologic Data Analys. John Wiley  
 Viatcheslav V. Tikhomirov, 2018 Hydrogeochemistry fundamentals and Advances, Environmental analysis of groundwater. John Wiley Sons  
 Younger Paul L. 2007. Groundwater in the Environment an introduction. Blackwell Publishing  
 Yousif K kharaka & Anns. Maesr. 1992 Water Rock interaction. Ed. A.A..Balkema

**Bibliografía Complementaria:**

Anderson, MP, Wossner, WW & Hunt, RJ (2015). Applied groundwater modeling, Simulation of flow and advective transport. Academic Press Publications. Pp564. San Francisco, U.S.A. ISBN-978-0-12-058103-0  
 Cardona A, JJ, Carrillo-Rivera, R, Huizar-Alvarez & E, Graniel-Castro (2004). Salinization in coastal aquifers of arid zones: an example from Santo Domingo, Baja California Sur, Mexico. Environmental Geology, Vol 45 No 3, 350-366. DOI: 10.1007/s00254-003-0874-2; ISSN: 0943-0105; revista cambió de nombre a Environmental Earth Sciences  
 Clark ID & Fritz P. (1997). Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Ratón, ISBN 1-56670-249-6. Pp328  
 Carrillo-Rivera, JJ; Cardona, A & Moss, D, 1996. Importance of the vertical component of groundwater flow: a hydrochemical approach in the valley of San Luis Potosí, Mexico, Journal of Hydrology 185 (23-44), Elsevier Science. DOI: 10.1016/S0022-1694(96)03014-4; ISSN: 0022-1694.  
 Carrillo-Rivera, JJ, 2000. Application of the groundwater-balance equation to indicate interbasin and vertical flow in two semi-arid drainage basins, Mexico. Hydrogeology Journal, Vol 8, No 5, pp 503-520. ISSN: 1431-2174.  
 Erdely. M. 1988. Surface and subsurface mapping in hidrogeology. De John Wiley Sons  
 Huizar-Alvarez, R, Carrillo-Rivera, JJ, Angeles–Serrano, G Hergt, T & A Cardona, (2004). Chemical response to groundwater extraction southeast of México City. Hydrogeology Journal 12(436-450). DOI: 10.1007/s10040-004-0343-3; SSN: 1431-2174  
 Huizar-Alvarez. R., Ouyse Samira., Espinoza-Jaramillo.M., Carrillo-Rivera. J., Mendoza-Archundia. E. 2016. The effects of water use on Tothian flow systems in the Mexico City conurbation determined from the geochemical and isotopic characteristics of groundwater. Environ Earth Sci. 75:1060  
 Maderey R, LE & Carrillo-Rivera, JJ, (2005). El recurso agua en México, un análisis geográfico. Colección Temas Selectos de Geografía de México. México, D.F.; Instituto de Geografía, UNAM. 128 pp  
 Marañón, PB, (2010): Agua subterránea. Gestión y participación social en Guanajuato. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas, México, D.F. ISBN 978-607-7700-79-1  
 Meinzer, OD, (1927). Plants as indicators of ground water. Water Supply paper 577, USGS. Department of the Interior. Washington, USA, pp95  
 Meissner, R. J, Seeger, H. Rupp , H. Bala. 1999. Assessing the impact of agricultural land use changes on water quality. Water Sci. Techn. 40(2):1-10  
 Peñuela-Arévalo LA & Carrillo-Rivera JJ, (2013). Discharge areas as a useful tool for understanding recharge areas, study case: Mexico. Environmental Earth Science, Vol 68 4(999-1013), DOI 10.1007/s12665-012-1803-z. ISSN: 1866-6280.  
 Plummer LN, Prestemon EC, & Parkhurst DL, (1991). An interactive code (netpath) for modeling. net geochemical reactions along a flow path. U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 91-4078. Reston, Virginia. pp227  
 Phillip F.M., Hogan J., Mills S., Hendrick J.M.H. 2003 Environmental tracers applied to Quantifying Causes of salinity in arid región Rivers. Preliminary Results from the rio Grande. Southwestern USA developments in Water Science v.50, p  
 Russell, J; Boulding.J. 2003. Practical handbook soil vadose zone and groundwater contamination. J. Wiley

**Sugerencias didácticas:**

Exposición oral	( ✓ )
Exposición audiovisual	( ✓ )
Ejercicios dentro de clase	( ✓ )
Ejercicios fuera del aula	( ✓ )
Seminarios	( )
Lecturas obligatorias	( ✓ )
Trabajo de Investigación	( ✓ )
Prácticas de taller o laboratorio	( ✓ )

**Mecanismos de evaluación de aprendizaje de los alumnos:**

Exámenes Parciales	( ✓ )
Examen final escrito	( ✓ )
Trabajos y tareas fuera del aula	( ✓ )
Exposición de seminarios por los alumnos	( ✓ )
Participación en clase	( ✓ )
Asistencia	( ✓ )
Seminario	( )
Otras: Tareas, seminarios, reportes de prácticas, exámenes parciales, examen final.	( ✓ )

**Línea de investigación:**

La línea de investigación involucra definir el funcionamiento del agua subterránea bajo la aplicación de la teoría de los sistemas de flujo de Tóth. Desde esta perspectiva, se aplican técnicas de estudio hidrogeoquímico e isotópico, hidráulica subterránea y de indicadores externos, que manifiestan el funcionamiento del agua subterránea como son la geomorfología, tipo de suelo y vegetación. Dentro de las aplicaciones prácticas de esta línea investigativa se tienen: i) obtención de agua (por medio de pozos) con calidad fisicoquímica controlada; ii) definición de controles ambientales a problemas de hundimiento del suelo; iii) establecimiento de la dinámica de control de la presencia o ausencia de cuerpos de agua superficial continental, y vegetación; iv) determinación de la interacción de agua salada con agua subterránea dulce en zonas costeras, v) establecimiento de la dinámica de inundación en planicies, vi) elaboración de estudio de gestión de agua subterránea, y predicción de la dispersión de un contaminante, vii) apoyo a referentes socioeconómicos vinculados a estos aspectos buscando controles jurídicos justos. Esta línea permite definir zonas de pago por servicios ambientales hidrológicos bajo una perspectiva integradora del concepto de paisaje y marca las limitaciones de la descarga de agua subterránea debidas al cambio y variabilidad climática.