



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra



Plan de estudios de la Licenciatura en Geografía Aplicada

Programa
AGUA SUBTERRÁNEA

Clave	Semestres 7 u 8	Créditos 6	Campo de conocimiento	Interdisciplinario		
			Grupo	Planeación Ambiental		
			Etapas	Avanzada		
Modalidad	Curso (X) Taller (X) Lab () Sem ()		Tipo	T ()	P ()	T/P (X)
Carácter	Obligatorio () Optativo (X)		Horas			
	Obligatorio E () Optativo E ()					
			Semana	Semestre		
			Teóricas 2	Teóricas 32		
			Prácticas 2	Prácticas 32		
			Total 4	Total 64		

Seriación	
Ninguna (X)	
Obligatoria ()	
Asignatura antecedente	
Asignatura subsecuente	
Indicativa ()	
Asignatura antecedente	
Asignatura subsecuente	

Objetivo general:
Comprender qué es el agua subterránea, explicar y concluir sobre su funcionamiento relacionando evidencias directas e indirectas presentes en forma natural en el ámbito

continental, y valorar su importancia en el ordenamiento y el establecimiento organizado de sociedades humanas, mediante la evaluación de su interacción con ecosistemas y el resto de los componentes ambientales.

Objetivos específicos:

1. Argumentar con el estudio científico de valoración y complementariedad los diferentes componentes del agua subterránea concluyendo sobre su origen, presencia y evolución natural.
- 2.- Explicar los controles al movimiento del flujo subterráneo bajo referentes contrastantes del ámbito geológico, climático, edafológico, hidrológico y de vegetación.
3. Concluir sobre las interacciones entre el agua subterránea y otros componentes ambientales como resultado de su presencia y movimiento en la corteza terrestre.

Índice temático

	Tema	Horas Semestre	
		Teóricas	Prácticas
1.	Evaluación del agua subterránea en la superficie terrestre.	4	0
2.	Entendiendo desde la zona de recarga a la de descarga.	4	12
3.	Valoración del funcionamiento del agua subterránea.	6	0
4.	Organización jerárquica de flujos de agua subterránea.	6	20
5.	Importancia del agua subterránea y su funcionamiento.	12	0
Total		32	32
Suma total de horas		64	

Contenido Temático

Tema	Subtemas
1.	1.1. Importancia del agua subterránea en la superficie terrestre. 1.2. Descubrimiento del referente físico-químico del agua subterránea. 1.3. Orígenes del agua subterránea. 1.4. Propiedades del agua subterránea y material geológico. 1.5. Usos del agua subterránea.
2.	2.1. Detección histórica del funcionamiento del agua subterránea: de 1962 a la fecha. 2.2. Valoración de manifestaciones en superficie del agua subterránea. 2.3. Condiciones de recarga, tránsito y descarga. 2.4. Mediciones en la toma de muestras de agua subterránea, su análisis químico-físico.
3.	3.1. Evaluación coincidente del referente biofísico (vegetación, geomorfológico, químico, edáfico). 3.2. Estructuración sistémica de la respuesta biofísica. 3.3. Explicación interdisciplinaria del funcionamiento del agua subterránea.

4.	4.1. Clasificación del recorrido del agua subterránea en la corteza terrestre 4.2. Estructuración de los sistemas de flujo local, intermedio y regional. 4.3. Evaluación y predicción del agua subterránea: conceptos y modelos.
5.	5.1. Importancia del agua subterránea en la evaluación del control de: la calidad del agua en pozos; inundación; hundimiento del suelo; respuesta al cambio climático; desecación de manantiales, ríos y cuerpos de agua; conexión con humedales y ecosistemas. 5.2. Cuestionamiento al manejo del agua subterránea en México y América Latina. 5.3. Debate sobre consideraciones socio-económicas y legales.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	(X)	Exámenes parciales	(X)
Trabajo en equipo	(X)	Examen final	(X)
Lecturas	(X)	Trabajos y tareas	(X)
Trabajo de investigación	(X)	Presentación de tema	(X)
Prácticas (taller o laboratorio)	(X)	Participación en clase	(X)
Prácticas de campo	(X)	Asistencia	(X)
Aprendizaje por proyectos	(X)	Rúbricas	()
Aprendizaje basado en problemas	(X)	Portafolios	()
Casos de enseñanza	(X)	Listas de cotejo	()
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Perfil profesiográfico

Título o grado	Licenciatura o Posgrado en: Hidrogeología, Ingeniería Geológica, Ingeniería Hidrológica, Geología Ambiental, Recursos Hídricos.
Experiencia docente	Mínimo 2 años de experiencia en docencia en educación superior.
Otra característica	Experiencia profesional o científica comprobable en el tema del funcionamiento del agua subterránea bajo sus diferentes componentes.

Bibliografía básica:

- Alconada-Magliano MM, JR Fagundo-Castillo, JJ Carrillo-Rivera, & PG Hernández. (2011). "Origin of flooding water through hydrogeochemical identification, the Buenos Aires plain, Argentina". *Environmental Earth Sciences Journal*. Vol 64:1 pp. 51-71. DOI:10.1007/s12665-010-0817-7; ISSN:1866-6280.
- 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.
- Carrillo-Rivera, JJ; A Cardona & WM Edmunds, 2002. Use of abstraction regime and knowledge of hydrogeological conditions to control high fluoride concentration in abstracted groundwater: basin of San Luis Potosi, Mexico. *Journal of Hydrology*, Vol 261 pp 24-47. PII S0022-1694(01)00566-2; DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00566-2; ISSN:

0022-1694.

Carrillo-Rivera, JJ, S. Ouyse & GJ Hernández-García. 2013. Integrative Approach for Studying Water Sources and Their Vulnerability to Climate Change in Semi-Arid Regions: Drâa Basin, Morocco. *International Journal of Water Resources and Arid Environments* 3(1): 26-36, 2013 ISSN 2079-7079.

Domenico, PA, (1990). *Physical and Chemical Hydrogeology*. New York: John Wiley & Sons Inc. 824 pp.

Fetter, CW, (1988). *Applied Hydrogeology*. (2nd Ed.). Columbus: Merrill Pub. Co. USA. 591 pp.

Freeze, RA, & Cherry, JA. (1979). *Groundwater*. Englewood Cliffs: Prentice Hall Inc. 604 pp.

Marchetti, ZY & Carrillo-Rivera, JJ (2014). Tracing groundwater discharge in the floodplain of the Parana River, Argentina; implications for its biological communities. *River Research and Applications*. Published online: 4 Jan 2013; DOI:10.1002/rra.2629. ISSN: 1535-1459; ISSN electrónico: 1535-1467.

Price, M. (2003). *Agua Subterránea*. México, D.F.; Editorial Limusa, S.A. de CV. 330 pp.

Rushton, KR, (2003). *Groundwater Hydrology, Conceptual and Computational Models*. Chichester, U.K: John Wiley & Sons. 416 pp.

Tóth, J, (2009). *Gravitational systems of Groundwater Flow, Theory, evaluation, Utilization*. Cambridge University Press. ISBN-13 978-0-511-53440-9

Bibliografía electrónica:

Carmona-Lara, C; Carrillo-Rivera, JJ; Hatch-Kuri, G; Huizar-Álvarez, R; y Ortega-Guerrero, MA (2017). *Ley del Agua Subterránea: una propuesta*. UNAM, Impretei, SA de CV, ISBN: 978-607-02-8997-2. DOI: <http://dx.doi.org/10.14350/sc.04>.

Bibliografía complementaria:

Anderson, MP, Wossner, WW & Hunt, RJ (2015). *Applied groundwater modeling, Simulation of flow and advective transport*. Academic Press Publications. 564 pp. San Francisco, U.S.A. ISBN-978-0-12-058103-0

Antonio Cardona, Andre Banning, José Joel Carrillo-Rivera, Alfredo Aguillón-Robles, Thomas R. Rüde and Jorge Aceves de Alba. (2018). Natural controls validation for handling elevated fluoride concentrations in extraction activated Tóthian groundwater flow systems: San Luis Potosí, Mexico. *Environmental Earth Sciences*. Accepted for publication 21st January.

Appelo, CAJ & Posma, D, (1993). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Rotterdam: Balkema. 536 pp.

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. 328 pp.
- 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
- Jiménez CB & Galicia, TJ, (2010). *Diagnóstico del agua en las Américas*. Interamerican Network of Academies of Sciences y el Foro Consultivo Científico y Tecnológico. 448 pp. ISBN: 978-607-9217-04-4.
- 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.
- Meinzer, OD, (1927). Plants as indicators of ground water. *Water Supply*. paper 577, USGS. Department of the Interior. Washington, USA, 95 pp.
- 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. 227 pp.