



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



Nombre de la Asignatura: **T.S. Aguas Subterráneas: Hidrogeología Regional**

Clave:63361 1075	Semestre (19-2):	Campo de Conocimiento:	No. Créditos: 8		
		I Geofísica de la Tierra Sólida () II Exploración, Aguas Subterráneas, Modelación y Percepción Remota (XX) III Geología () IV Ciencias Ambientales y Riesgos () V Ciencias Atmosféricas, Espaciales y Planetarias. ()			
Carácter:		Horas	Horas por semana	Horas al semestre	
Tipo: Teórico-Práctica		Teoría: 55	Práctica: 08	3.5	64
Modalidad: Curso		Duración del programa: Semestral			

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

Actividad académica antecedente: Hidrogeología, Hidrogeoquímica, Geología

Actividad académica subsecuente: hidrogeología de contaminantes

OBJETIVO GENERAL:

Introducir al estudiante a los conceptos básicos sobre el funcionamiento del agua subterránea a través del entendimiento de las componentes naturales de sus sistemas de flujo.

Índice Temático

Unidad	Tema	Horas	
		Teóricas	Prácticas
1	Marco Teórico de referencia Hidrogeológica	05	
2	Investigaciones sobre Sistemas de Flujo	15	
3	Efectos al agua subterránea por alteraciones en el territorio	10	
4	Modificación al ambiente externo por cambio de régimen del agua subterránea	10	
5	Evaluación hidrogeológica a escalas diferentes, estudios caso	08	
6	Simulación Numérica del funcionamiento del agua subterránea	08	
7	Actividades de Campo		8
Total de horas:		55	8
Suma total de horas:		64	

Contenido Temático

Unidad	Tema y Subtemas
1	<ul style="list-style-type: none"> • Uso adecuado de términos (recurso, disponibilidad, escases, sobreexplotación, etc) • Aspectos geológicos (estratos, estructuras, rocas, roca basamento, etc) • Conceptos hidrogeológicos básicos (carga, propiedades hidráulicas, flujo subterráneo)

	<ul style="list-style-type: none"> • El Balance Hídrico (evapotranspiración, lluvia, escorrentía, recarga, extracción, etc) • Aspectos físico-químicos del agua (muestreo, elementos mayores, menores, traza, isótopos).
2	<ul style="list-style-type: none"> • Importancia del agua subterránea en México • Aspectos geomorfológicos (relieve, geomorfología) • Elementos físicos, químicos, isotópicos, hidrológicos, edáficos, biológicos, • Zonas de recarga, tránsito y descarga • Flujos local, intermedio y regional.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en el volumen de recarga, implicaciones • Reducción de descarga subterránea a zonas costeras • Reducción de descarga subterránea a cuerpos de agua continental • Contaminación del agua subterránea por disposición final de residuos sólidos • Cambios inducidos a la calidad del agua por su extracción en pozos • Impactos al agua subterránea por cambios en el clima
4	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en la erosión del suelo • Importación – Exportación de agua • Abatimiento y ascenso de la superficie freática • Consolidación de la matriz acuífera-suelo • Afectación a humedales
5	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración y análisis de bases de datos de parámetros hidrogeológicos • El concepto de escala en análisis hidrogeológico regional • Recarga al aguas subterránea (errores y aplicación) • Caracterización y establecimiento de sistemas de flujo del agua subterráneo
6	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo numéricos para simular flujo y transporte del agua subterránea • El Concepto de fronteras en modelos números de flujo (errores y aciertos) • Estudios caso
7	<ul style="list-style-type: none"> • Mediciones en pozos y muestreo del agua (subterránea) • Indicadores externos de sistemas de flujo • impactos ambientales relacionados con el agua subterránea

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*. 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.
- 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>.
- 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. 591pp.
- 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, DF; Editorial Limusa, SA de CV. 330 pp.

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

Russell, J; Boulding, J. 2003. *Practical handbook soil vadose zone and groundwater contamination*. J. Wiley.

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

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

Antonio Cardona, Andre Banning, José Joel Carrillo-Rivera, Alfredo Aguillón-Robles, Thomas R. Rude 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*. Rotherdam: 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. Pp328

Jiménez CB & Galicia, TJ, (2010). Diagnóstico del agua en las Américas. Interamerican Network of Academies of Sciences y el Foro Consultivo Científico y Tecnológico. Pp448. ISBN: 978-607-9217-04-4.

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

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

Martinez S, Escolero, O & M Perevochtchikova, (2015). A comprehensive approach for the assessment of shared Aquifers. *Sustainable Water Resources Management*. V1 (2), pp111-123

Mazari, M (2000). Dualidad población-agua: inicio del tercer milenio. (Coordinador) El Colegio Nacional. ISBN 970 640 1458. p281

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

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	()
Prácticas de campo	(√)

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: hidrogeología	

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.