



## CORRESPONDE A LA RESOLUCIÓN Nº 217/2021 CD

### ANEXO I

**Tipo de actividad:** Curso de Posgrado

**Nombre de la actividad:** Modelación Hidrogeoquímica

**Docentes Responsables:**

Dr. Daniel Martínez (Universidad Nacional de Mar del Plata)

Dr. Eduardo E. Mariño (Universidad Nacional de La Pampa)

**Fundamentación:**

Los modelos son representaciones del concepto o idea que se tiene de una realidad, siendo en general una simplificación de la misma en tanto y en cuanto es usualmente muy difícil poder abarcar y comprender todas las variables que integran el funcionamiento de un sistema natural. Estos modelos que resultan en una descripción integral de los elementos que componen un sistema natural suelen conocerse como modelos conceptuales, y su formulación puede considerarse más completa si se complementa con un modelo en el cual se cuantifican la transferencia de materia y energía entre los diferentes componentes. A estos modelos que cuantifican los componentes y procesos de un modelo conceptual se los conoce como modelos numéricos. Cuando lo que se busca cuantificar son los procesos químicos que determinan la composición de una solución, tal como el agua subterránea, y sus relaciones con el medio acuífero, estamos en presencia de un modelo hidrogeoquímico. Un modelo hidrogeoquímico es una construcción teórica o conceptual que engloba el conjunto de reacciones químicas (física y termodinámicamente coherentes) que tiene lugar en un acuífero y que son responsables de la composición observada en el agua subterránea. La elaboración de modelos hidrogeoquímicos es una herramienta de gran importancia para validar modelos conceptuales que aportan al conocimiento del recurso hídrico, por lo que su conocimiento es un apoyo de importancia para los estudios hidrogeológicos.

**Objetivos:**

**Objetivo general**

Capacitar en la utilización de la modelación hidrogeoquímica como herramienta de apoyo en estudios hidrológicos e hidrogeológicos.

**Objetivos específicos**

- Suministrar un marco conceptual básico sobre los principios termodinámicos aplicados a la hidrogeoquímica.
- Brindar herramientas para la elaboración de modelos hidrogeoquímicos conceptuales y su formulación en modelos numéricos. Introducir en la utilización de los programas NETPATH y PHREEQC.



## **CORRESPONDE AL ANEXO I DE LA RESOLUCIÓN N° 217/2021 CD**

**Arancel:** El curso se financiará mediante el cobro de los aranceles fijados por la Resolución Decana N° 86/2021, que establece los montos a abonar por as/los estudiantes regulares y vocacionales de la Maestría en Recursos Hídricos.

**Modalidad:** Virtual.

Virtual. El dictado a distancia es una modalidad que permite atender el problema de dispersión geográfica, tanto de quienes son estudiantes regulares de la Maestría y como de participantes potenciales. Esto resulta de especial utilidad en el contexto actual de emergencia sanitaria por la pandemia de COVID-19, donde la movilidad interjurisdiccional se ve dificultada.

### **Programa:**

**Módulo 1:** Elementos de Geoquímica. Abundancia de elementos en la corteza terrestre. Especies minerales más comunes. Los sistemas acuíferos como sistemas químicos. Tipos de acuíferos. Procesos hidrogeoquímicos. Principios de hidrogeoquímica. El ciclo hidrológico y el origen de la composición de las aguas. Procesos que afectan la composición de la recarga. Composición de las aguas subterráneas: Componentes mayoritarios y minoritarios, conceptos y definiciones, valores típicos en distintos ambientes. Deducción de roca fuente. Calidad de Aguas. Distintos usos.

**Módulo 2:** Principios de termodinámica. Concentraciones y actividades. Coeficiente de actividad. Modelos de pares iónicos. Fuerza iónica. Índice de saturación y solubilidad. Ejercitación de modelos termoquímicos. Procesos hidrogeoquímicos. El sistema del CO<sub>2</sub> en aguas. Disolución precipitación. Procesos redox. Concepto de Eh y pH. Diagramas Eh vs pH. Secuencia de los procesos redox en ambientes hidrogeológicos. Sorción, coeficiente de distribución. Intercambio de cationes. Ecuaciones de intercambio. Concepto de fracción equivalente. Orden de selectividad. Cromatografía iónica. Intercambio iónico. Procesos hidrogeoquímicos y evolución de las aguas naturales.

**Módulo 3:** Datos hidroquímicos, características. Manejo de datos hidroquímicos. Herramientas estadísticas. Diagramas hidroquímicos más usuales- Relaciones iónicas. Integración de procesos y elaboración de modelos conceptuales. Casos de estudio. Control de la calidad de los datos de muestreo. Toma de muestras de agua. Tipos de muestreadores. Precauciones en el muestreo. Características de los pozos de muestreo. Muestras representativas. Determinación de parámetros “in situ”. Fundamentos. Temperatura, pH, conductividad eléctrica. Instrumental de medición. Tipos de muestras para diferentes propósitos. Envases y técnicas de conservación adecuadas. Control de la calidad de los análisis químicos. Problemas frecuentes derivados de un muestreo incorrecto.



## CORRESPONDE AL ANEXO I DE LA RESOLUCIÓN Nº 217/2021 CD

**Módulo 4:** Modelación hidrogeoquímica. Modelos directos y modelos inversos o de balance de masas. Programas para la modelación hidrogeoquímica: Utilización y ejercitación de modelos NETPATH y PHREEQC. Elaboración de modelos inversos con el programa NETPATH.

**Módulo 5:** Introducción a la modelación directa con PHREEQC. Potencialidad del programa. Estructura, bloques, funcionamiento general. Bases de datos, parámetros termodinámicos. Interpretación de salida de datos termodinámicos. Modelos directos simples. Equilibrio de fases, reacciones por etapas. Sistemas a diferentes temperaturas. Intercambio iónico, composición de la fase adsorbida. Mezclas de aguas, evaporación. Breve descripción de modelación de transporte unidimensional con PHREEQC. Casos de estudio.

### Bibliografía:

- ALVAREZ, M.P. & CAROL, E. (2019). Geochemical occurrence of arsenic, vanadium and fluoride in groundwater of Patagonia, Argentina: sources and mobilization processes. *Journal of South American Earth Sciences*, 89, 1-9.
- APPELO, C. y D. POSTMA (2005) *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. 2ª ed. Taylor & Francis, Londres, 668 p.
- BACK, W. (1961) *Techniques for Mapping Hydrochemical Facies*. U.S.Geol. Survey Prof. Paper, 424-D: 380-382.
- BACK, W. (1966) *Hydrochemical Facies and Ground Water Flow Patterns in Northern Atlantic Coastal Plain*. U.S.Geol. Survey Prof. Paper, 498-A, 1-42.
- CLARK, I. (2015). *Groundwater geochemistry and isotopes*. CRC press.
- DEUTSCH, W. J., & SIEGEL, R. (2020). *Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination*. CRC press.
- DOMENICO, P. Y SCHWARTZ, F. (1997) *Physical and Chemical Hydrogeology*. 2ª ed. Wiley International, 528 p.
- GARRELS, R.M. y C.L. CHRIST (1965) *Solutions, minerals and equilibria*. Harper and Row, New York, 1-450.
- HEM J.D. (1992) *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters*. U.S.G.S. Water-Supply Paper 2254, fourth printing, 263 pp.
- MALDONADO, L., QUINODÓZ, F. B., CABRERA, A., BLARASIN, M., LUTRI, V., MATTEODA, E., & ALBO, J. G. (2018). Hydrogeochemical features and groundwater renewal rate estimates from deep aquifers in the Pampean plain, Córdoba province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 85, 126-134.
- MARTÍNEZ, D., & BOCANEGRA, E. (2002). Hydrogeochemistry and cation-exchange processes in the coastal aquifer of Mar Del Plata, Argentina. *Hydrogeology Journal*, 10(3), 393-408.
- MERKEL, B. J., PLANER-FRIEDRICH, B., & NORDSTROM, D. K. (2005). *Groundwater geochemistry. A practical guide to modeling of natural and contaminated aquatic systems*, 2.



## **CORRESPONDE AL ANEXO I DE LA RESOLUCIÓN Nº 217/2021 CD**

- MONTCOUDIOL, N., MOLSON, J., & LEMIEUX, J. M. (2015). Groundwater geochemistry of the Outaouais Region (Québec, Canada): a regional-scale study. *Hydrogeology Journal*, 23(2), 377-396.
- NIENHUIS, P.R., APPELO, C.A.J. AND WILLEMSEM, A. (1988) PHREEQM, PHREEQE in a mixing cell flowtube. User Manual, etc. Free University, Amsterdam.
- PARKHURST, D.L. y CAJ APPELO (1999). User's guide to PHREEQC (Version 2) – A computer program for speciation, batch reaction, one dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S.G.S. Water-Resources Investigations Report 99- 4259, 1-312.
- PLUMMER, J.N.; D.L. PARKHURST & THORSTENSON, D.C. (1983) Development of reaction models for groundwater systems. *Geochim. Cosmochim. Acta* 47: 665-685.
- STUMM W. Y MORGAN J. (1981) *Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters*. John Wiley and Sons, 2nd. Edition., 780 pp.
- VITAL, M., DAVAL, D., CLÉMENT, A., QUIROGA, S., FRITZ, B., & MARTINEZ, D. E. (2018). Importance of accessory minerals for the control of water chemistry of the Pampean aquifer, province of Buenos Aires, Argentina. *Catena*, 160, 112-123.

**Fecha de inicio y finalización:** Se prevé comenzar el curso en la semana del 2 al 6 de agosto de 2021 y finalizarlo en la semana del 23 al 27 de agosto de 2021. Los días y horarios de los encuentros se definirán oportunamente.

**Carga horaria:** La carga horaria total es de 60 horas. Se prevé dictar 40 de ellas en forma virtual y sincrónica, distribuidas en 32 h de clases y 8 h de encuentros para consultas. El resto de la carga horaria se acreditará por la realización de actividades prácticas (10 h) y la elaboración de un trabajo final (10 h).

**Destinatarios:** Estudiantes de la maestría en Recursos Hídricos de la UNLPam y profesionales de carreras vinculadas con las ciencias de la Tierra y el Ambiente.

**Cupo:** 30 participantes.

**Requisitos de aprobación:** Se otorgará certificado de aprobación a quienes asistan al 80% de los encuentros virtuales, realicen las actividades prácticas propuestas para cada módulo y presenten un trabajo final que incluya un tratamiento integral de datos. En caso de no presentarse o aprobarse el trabajo final, y habiéndose cumplimentado los demás requisitos, corresponderá emitir certificado de asistencia.

**Metodología de trabajo:** Las clases son teóricas-prácticas, combinando el desarrollo de los fundamentos conceptuales con la resolución de ejercicios correspondientes a los distintos módulos. Las actividades prácticas deberán realizarse dentro de los 5 días posteriores a su envío.



## CORRESPONDE AL ANEXO I DE LA RESOLUCIÓN Nº 217/2021 CD

**Requerimientos:** Las/los participantes deberán contar con una computadora personal apta para la conexión a plataformas virtuales y para la instalación del software libre a utilizar en la ejercitación.

### Cronograma de actividades

Semana	Día	Clase virtual (4 horas)	Actividades prácticas asincrónicas (2,5 horas)	Encuentro de consulta (2 horas)
Primera	1	Módulo 1		
	2	Módulo 2		
	3		Ejercicios Módulo 2	X
Segunda	1	Módulo 2 (cont.)		
	2		Ejercicios Módulo 2 (cont.)	X
	3	Módulo 3		
Tercera	1	Módulo 3 (cont.)		
	2		Ejercicios Módulo 3	X
	3	Módulo 4		
Cuarta	1	Módulo 5		
	2		Ejercicios módulos 4 y 5	X
	3	Discusión de integración de conocimientos.		
Entrega del trabajo final (Dentro de los 30 días corridos posteriores a la fecha de finalización del curso).				