

PROGRAMA DE CURSO

HIDROGEOQUÍMICA Y SIMULACIONES GEOQUÍMICAS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Geología (DGL)					
Nombre del curso	Hidroggeoquímica y simulaciones geoquímicas	Código	GL6007	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Hydrogeochemistry and geochemical simulations</i>					
Horas semanales	Docencia	1,5	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	7
Carácter del curso	Obligatorio			Electivo	X	
Requisitos	GL5213: Hidrogeología					

B. Propósito del curso:

Al finalizar el curso las y los estudiantes identificarán y utilizarán principios y procesos que regulan la distribución de los iones en los diferentes contextos hidrogeológicos y su relación con las litologías con las cuales interactúan. Diferenciarán los posibles orígenes de los iones encontrados en las aguas. Además, trabajarán con herramientas para implementar simulaciones numéricas que permitan reproducir los procesos fisicoquímicos identificados.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE2: Modelar la cinemática y dinámica de los sistemas estructurales de una región, mediante soportes tecnológicos computacionales, para comprender los procesos de deformación de rocas y para la toma de decisiones en proyectos aplicados a peligros geológicos, agua y obras ingenieriles.

CE3: Caracterizar los minerales formadores de rocas para determinar sus condiciones físico-químicas de formación y sus aplicaciones.

CE6: Analizar y evaluar los procesos geológicos (volcánicos, geoquímicos, hidrogeológicos, sedimentológicos y geomorfológicos) con fines científicos y aplicados respecto a la planificación del territorio, diseño, construcción y mantenimiento de estructuras ingenieriles.

CE8: Interpretar los procesos de formación de los recursos minerales y energéticos para la investigación científica y aplicada.

CG1: Comunicación profesional y académica

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés variados tipos de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos de acuerdo a las características de la audiencia.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE3, CE8	RA1: Cuantifica las propiedades físicas y químicas de las aguas (temperatura, pH, conductividad eléctrica, concentraciones iónicas), analizando su validez para interpretar los flujos, y sus orígenes, en los distintos ambientes hidrogeológicos.
CE3, CE6, CE8	RA2: Utiliza conceptos y principios de la termodinámica y las metodologías asociadas para la resolución de problemas que involucran, entre otros, reacciones fisicoquímicas, cambios de fase, precipitación-disolución mineral en sistemas hidrogeológicos.
CE2, CE3, CE8	RA3: Aplica los principales conceptos y teorías de la estática y dinámica de fluidos, en procesos, tales como, flujos en medios porosos, para resolver, de manera cuantitativa, problemas hidrogeológicos aplicados.
CE2, CE6, CE8	RA4: Resuelve problemas hidrogeológicos como determinar mecanismos y procesos químicos que expliquen el origen de la composición hidrogeoquímica en aguas superficiales subterráneas, utilizando la cinética de reacción y fenómenos de transporte.
CE2, CE6	RA5: Implementa simulaciones numéricas, a través del uso de programas computacionales, para representar procesos fisicoquímicos de diferentes escenarios hidrogeológicos que se encuentran en la naturaleza.

Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA6: Expone, en reportes breves y presentaciones, resultados y conclusiones válidas sobre el uso e interpretación de datos aplicables a problemas hidrogeoquímicos fundamentando decisiones profesionales que comunica con claridad y precisión en lo disciplinar.
CG2	RA7: Lee en inglés textos variados sobre hidrogeoquímica y casos referidos a problemas de contaminación con el fin de aplicar conceptos clave en ejercicios de modelos, mapas conceptuales de datos y su representación.
CG3, CG5	RA8: Elabora para la propuesta de solución a problemas hidrogeológicos, un análisis de situación que permita determinar una solución factible, considerando respeto a los derechos de las personas, ambientales y socioeconómicos.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA3, RA7	Introducción a los procesos y mecanismos hidrogeoquímicos	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Principios de la hidrogeoquímica.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica los principios que regulan la distribución de los elementos químicos (propiedades y afinidad iónicas), en las aguas subterráneas y superficiales. 2. Distingue los principales mecanismos que regulan la química de las aguas (advección, absorción, intercambio iónico), cuantificando la influencia de los principales factores que los regulan (temperatura, presión). 3. Aplica criterios hidrogeoquímicos a los diferentes ambientes acuíferos, considerando datos hidrogeológicos y conceptos técnicos de la literatura especializada. 	
1.2. Procesos hidrogeoquímicos.			
1.3. Muestreos, análisis de datos.			
Bibliografía de la unidad		1, 2,3, 5.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA7	Técnicas hidrogeoquímicas	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Reglas para el control de calidad de los datos.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Calcula los errores analíticos de los datos hidrogeoquímicos, utilizando principios y técnicas para el control de la calidad de la información. 	
2.2. Análisis de datos: gráficos binarios y gráficos tipo para la			

interpretación de los procesos fisicoquímicos. Análisis estadístico y geoestadístico.	<ol style="list-style-type: none"> Decide cuál es el set de técnicas gráficas a utilizar según el tipo de datos con los que trabaja. Compara la pertinencia de las principales técnicas para la interpretación de los datos en el contexto hidrogeológico específico para cada set de datos. Lee en inglés sobre casos de estudio sobre la aplicación de técnicas hidrogeoquímicas.
Bibliografía de la unidad	2, 3, 6.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3, RA5, RA6, RA7, RA8	Simulaciones hidrogeoquímicas	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Teoría para implementar las simulaciones. 3.2. Software para la modelización. Modelos directos e inversos. Implementación de casos de estudio en PHREEQC. Análisis de resultados y validez científica de las simulaciones.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Aplica la teoría de flujo para implementar las simulaciones geoquímica, considerando su limitación en los diferentes escenarios de análisis. Resuelve problemas hidrogeológicos mediante las diferentes posibilidades de cálculo numérico (ej. software PHREEQC). Interpreta los procesos observados contrastando con los resultados obtenidos de las simulaciones y extrae conclusiones válidas para la resolución del problema analizado. Elabora un reporte sobre el análisis de las reacciones químicas de las aguas de un caso de estudio, considerando precisión y claridad para proponer una solución al problema hidrogeológico estudiado. Lee en inglés sobre la teoría de flujo, extrayendo conceptos aplicables al caso de estudio. 	
Bibliografía de la unidad		2, 4, 5, 6, 7.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Modelos de transporte reactivo	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Modelos de transporte reactivo: conceptos fundamentales. 4.2. Modelos de transporte reactivo: introducción al uso de software de modelización de solutos y calor.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Aplica la teoría de flujo y resuelve ecuaciones del transporte reactivo en sistemas hidrogeológicos. Identifica los parámetros y datos primarios y secundarios para la implementación de un modelo de transporte reactivo a partir del análisis de casos de estudio. 	

<p>4.3. Implementación de modelos para casos de estudio en software de uso libre: <i>CrunchFlow</i>.</p> <p>4.4. Análisis de resultados de las simulaciones de transporte.</p>	<p>3. Implementa los modelos conceptuales simplificados en un software de modelamiento de transporte reactivo.</p> <p>4. Interpreta los resultados obtenidos y extrae conclusiones para diferentes casos de estudios de modelamiento reactivo.</p> <p>5. Redacta un reporte breve sobre las interacciones del agua con el medio considerando aspectos cinéticos.</p> <p>6. Lee en inglés sobre modelos de transporte reactiva, aplicando los nuevos conocimientos adquiridos en el análisis de un caso de estudio.</p>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<p>4,9, 9, 10.</p>

E. Estrategias de enseñanza- aprendizaje:

El curso considera una serie de estrategias entre las que se pueden mencionar:

- **Clases expositivas.**
- **Presentaciones.**
- **Resolución de problemas:** trabajo con datos de casos reales (simulaciones).

F. Estrategias de evaluación:

Al inicio del semestre, el cuerpo docente informará el tipo y cantidad de evaluaciones que se considerarán. También se señalará la ponderación correspondiente.

Para esta propuesta, las instancias de evaluación que se contemplan son:

- Proyecto individual (45%).
- Presentaciones (15%).
- Examen (40%).

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- 1) Appelo CAJ and Postma D, 1996. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Balkema.
- 2) Merkel b.J., Planer-Friederich B., 2005. *Groundwater Geochemistry. A Practical Guide to Modeling of Natural and Contaminated Aquatic Systems*. ISBN 3-540-24195-7 Springer Berlin Heidelberg New York.
- 3) Carranza E. J. M., 2009. Chapter 3: Exploratory Analysis of Geochemical Anomalies, *Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry*, Elsevier Science B.V., Vol.11, ISSN 1874-2734, ISBN 9780444513250, [https://doi.org/10.1016/S1874-2734\(09\)70007-5](https://doi.org/10.1016/S1874-2734(09)70007-5).
- 4) Parkhurst, D.L., and Appelo, C.A.J., 2013, Description of input and examples for PHREEQC version 3—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and

- Methods, book 6, chap. A43, 497 p., available only at <http://pubs.usgs.gov/tm/06/a43/>.
- 5) Govett GJS (series Ed.), Handbook of Geochemistry Series, vols 1–7.
 - 6) Holland HD and Turekian KK (Eds), 2004, Treatise on Geochemistry. Elsevier Pergamon.
 - 7) Reimann C, 1998. Chemical Elements in the Environment: Factsheets for the Geochemist and Environmental Scientist. Springer.
 - 8) Steefel et al., 2005. "Reactive transport modeling: An essential tool and a new research approach for the Earth Sciences." Earth and Planetary Science Letters 240: 539-558.
 - 9) Li et al., 2017. "Expanding the role of reactive transport models in critical zone processes." Earth Science Reviews. 165: 280-301.
 - 10) CrunchFlow manual.

Bibliografía complementaria:

- 11) Andrews JE (Ed), 1996, An Introduction to Environmental Chemistry. Blackwell Science.
- 12) Langmuir D, 1997. Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall.
- 13) Marshall CP and Fairbridge RW (Eds), 1999, Encyclopedia of geochemistry. Kluwer.
- 14) Steefel, C.I. 2007. Geochemical kinetics and transport. in Kinetics of Water-Rock Interaction. S. Brantley, J.K., A. White (ed), pp. 545-589, Springer New York.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2021
Elaborado por:	Linda Daniele
Validado por:	Revisión académico par: Martin Reich Validación CTD Geología
Revisado por:	Área de Gestión Curricular