



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA**  
*G-0016 Geoquímica Aplicada*

Créditos: 3

Horas Lectivas: 3 horas teórico/prácticas, 2 horas por mediación virtual

Horario: Miércoles, 5:00 – 9:00 pm

Requisito: G 0018; G 0411

Ciclo lectivo: I-2017

Tipo de Curso: Teórico-Laboratorio-Medio virtual

Profesor(a): Dra. Pilar Madrigal Quesada

Atención a estudiantes: martes de 9:00 a 11:00 am o a convenir.

1. Descripción del curso

La geoquímica es la disciplina que explora los procesos geológicos desde la perspectiva química. Dichos procesos incluyen desde aspectos planetarios y hasta atómicos, cubriendo una amplia gama de intereses. Por esta razón, durante el estudio de la geoquímica es necesario profundizar en los principios básicos de la química y la geología, así como la termodinámica, el equilibrio de fases, la mineralogía, la petrología, entre otras. Gracias a los avances tecnológicos de las últimas décadas, la geoquímica se ha establecido como una disciplina cuantitativa que le permite al geólogo y geóloga realizar evaluaciones precisas que describan procesos ígneos, metamórficos, sedimentarios o ambientales durante la resolución de problemas geológicos. La geoquímica aplicada se enfoca en utilizar estas herramientas cuantitativas en el desempeño del quehacer geológico en ámbitos tan diversos como el modelado de sistemas magmáticos, en el estudio de prospección de yacimientos minerales, en la evaluación de contaminantes de aguas y suelos e incluso en el impacto de procesos geológicos en la salud humana.

Este curso prepara al estudiante en las técnicas generales de la geoquímica aplicada desde tres ejes fundamentales: geoquímica de sistemas magmáticos, geoquímica de aguas y geoquímica de prospección. Se le dará énfasis al apropiado tratamiento de datos cuantitativos y al uso de programas de modelado geoquímico que el estudiante pueda utilizar en el futuro.

2. Objetivos

- Aplicar los conocimientos básicos de la geoquímica a sistemas magmáticos, acuosos y en exploración minera.
- Utilizar herramientas de modelado geoquímico para analizar problemas.
- Aprender protocolos de tomas de muestras de aguas y suelos.
- Relacionar los conceptos teóricos de geoquímica con problemas geológicos y ambientales reales.



### 3. Contenido

#### 1. Principios de geoquímica:

- El ambiente geoquímico.
- Distribución de elementos.
- Movilidad geoquímica.
- Reacciones geoquímicas básicas en el ambiente profundo y en el ambiente superficial.
- Asociación natural de los elementos químicos.

#### 2. Geoquímica aplicada a sistemas magmáticos

- Procesos magmáticos
- Procesos de difusión elemental.
- Mezcla de magmas.
- Fraccionamiento de elementos traza en magmas.
- Geotermometría, geobarometría y soluciones sólidas
- Aplicaciones de sistemas de isótopos radiogénicos y estables en sistemas magmáticos

#### 3. Geoquímica aplicada a prospección

- Movilidad y dispersión de elementos.
- Patrones de distribución primaria.
- Provincias geoquímicas
- Anomalías y levantamientos geoquímicos.
- Levantamientos geoquímicos de drenajes

#### 4. Geoquímica ambiental

- Conceptos básicos de geoquímica de aguas.
- Soluciones acuosas.
- Comportamiento de elementos en solución: especiación, reacciones redox, actividad.
- Geoquímica ambiental de metales potencialmente tóxicos
- Biorremediación de suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas

### 4. Metodología

Las clases se dividirán en dos bloques iniciando con una clase magistral sobre el tema a trabajar y seguido por un bloque práctico, donde los estudiantes harán ejercicios de laboratorio de acuerdo a los temas tratados. Para la parte práctica se hará uso de programas de software para modelado de datos geoquímicos. Se recomienda traer su propia laptop, sin embargo no es requisito.

La clase presencial será los miércoles en la tarde mientras que las otras dos horas a convenir se realizarán por medio de **Mediación Virtual** de esta manera el estudiante podrá distribuir su tiempo a conveniencia. Las tareas, quizzes, foros o actividades semanales se deberán finalizar en la plataforma virtual en un plazo de 6 días, a menos que se indique un plazo extendido. Cada entrega tendrá fecha límite hasta el martes siguiente a las 11: 59 pm.

La estructura de este curso pretende que se lleve a cabo de forma participativa y estilo taller. Por esta razón no contará con exámenes si no que se evaluarán



otras actividades, con mucho peso en la participación. Se motiva al estudiante a debatir ideas, comentar casos de estudio y compartir con la clase temas de su interés en el área de la geoquímica.

## 5. Cronograma

Fecha	Tema General	Temas Específicos
15 de marzo	Introducción	Introducción a la Geoquímica Aplicada. Objetivos del curso, evaluación, metodología a seguir. La geoquímica aplicada como carrera.
22 de marzo	Principios Básicos	El ambiente geoquímico. Distribución de elementos. Movilidad geoquímica. Reacciones geoquímicas básicas en el ambiente profundo y en el ambiente superficial. Asociación natural de los elementos químicos.
29 de marzo	Principios Básicos	Principios de interpretación de datos geoquímicas. La anomalía geoquímica. Manejo y representación de la información geoquímica.
5 de abril	Geoquímica aplicada a sistemas magmáticos	Asociaciones ígneas. Intrusión y enfriamiento. Equilibrios de fase. Efectos de volátiles en equilibrio de fases. Crecimiento de cristales.
19 de abril	Geoquímica aplicada a sistemas magmáticos	Procesos magmáticos. Variabilidad composicional de rocas ígneas. Convección magmática. Cumulados ígneos. Inmiscibilidad de líquidos.
26 de abril (sólo Mediación Virtual)	Geoquímica aplicada a sistemas magmáticos	Procesos de difusión elemental. Mezcla de magmas. Fraccionamiento de elementos traza en magmas. Geotermometría, geobarometría, soluciones sólidas.
3 de mayo	Geoquímica aplicada a sistemas magmáticos	Aplicaciones de sistemas de isótopos radiogénicos y estables en sistemas magmáticos. Esquemas de decaimiento radioactivo. Evolución isotópica de reservorios terrestres.



10 de mayo (sólo Mediación Virtual)	Geoquímica aplicada a prospección	Movilidad y dispersión de elementos. Patrones de distribución primaria, provincias geoquímicas, anomalías epigenéticas en rocas, levantamientos geoquímicos de rocas.
17 de mayo	Geoquímica aplicada a prospección	La secuencia de la exploración Levantamientos geoquímicos. La utilización de las técnicas geoquímicas para la detección de contaminación ambiental de diversos orígenes
24 de mayo	Geoquímica aplicada a prospección	Levantamientos geoquímicos de drenajes. Sedimentos fluviales activos, modo de ocurrencia, contraste, patrones de decaimiento, mejoramiento de la anomalía. Anomalías en aguas naturales. Aguas superficiales y subterráneas, modo de ocurrencia, contraste, patrones de decaimiento.
31 de mayo	Geoquímica aplicada a prospección	El drenaje ácido de rocas. Principios básicos, trabajo de campo, actividades de campo, pruebas de campo, manejo de las muestras.
7 de junio	Geoquímica Ambiental	Conceptos básicos de geoquímica de aguas. Soluciones acuosas. Comportamiento de elementos en solución: especiación, reacciones redox, actividad.
14 de junio	Geoquímica Ambiental	Geoquímica ambiental de metales potencialmente tóxicos. Fuente y origen de los metales, movilidad, ciclos, bioacumulación, impacto en el ecosistema.
21 de junio	Geoquímica Ambiental	Geoquímica urbana: metodologías de muestreo. Aplicaciones prácticas. El impacto de los metales y otros elementos químicos, disponibles en la naturaleza o antropogénicos en la salud humana.
28 de junio	Geoquímica ambiental	Recolección de muestras geoquímicas con propósitos diversos. Suelos, sedimentos fluviales, agua. La recuperación ambiental de sitios contaminados. Suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas. Biorremediación.
5 de julio	Presentaciones	Investigación a cargo del estudiante
12 de julio	Presentaciones	Investigación a cargo del estudiante



## 6. Giras de campo

Se programarán dos giras para poner en práctica protocolos de toma de muestras. Éstas serán de un día y se realizarán los miércoles. Se evaluará dichas giras por medio de reportes.

## 7. Evaluación

Tareas/Reportes	40%
Presentaciones	25%
Participación semanal en el entorno virtual (foros, chats, quizzes)	15%
Talleres	10%
Participación en clase	10%
Total	100%

## 8. Bibliografía

Albarède, F., (2003): Geochemistry an Introduction, Cambridge University Press, New York, 248 pp.

Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2004). Geochemistry, groundwater and pollution. CRC press.

Dickin, A.P. (1997). Radiogenic isotope geology. Cambridge University Press, 490 pp.

DOMENICO, P.; SCHWARTZ, F (1998). Physical and chemical hydrogeology. New York: Wiley.

Eby, G. N., (2004): Principles of Environmental Geochemistry, Brooks/Cole., Pacific Grove, 514 pp.

Faure, G. (1986). Principles of Isotope Geology. 2nd Edition. Willey & Sons, 589 pp.

Fersman, A. E., (1973): Geoquímica Recreativa, Editorial Mir, Moscú, 400 pp.

González-Bonorino, F., (1972): Introducción a la geoquímica, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, OEA, Washington, 140 pp.

Janousek, V., Moyer, J.-F., Martin, H., Erban, V., Farrow, C., (2016). Geochemical Modelling of Igneous Processes: Principles and Recipes in R Language. Springer.

Keith L. H., (1991): Environmental Sampling and Analysis. Lewis Publishers, Boca Raton, 142 pp.

Krauskopf, K.B., (1967): Introduction to geochemistry, McGraw-Hill Book Company, London, 721 pp.

Langmuir, D., (1997): Aqueous Environmental Geochemistry, Prentice Hall, New Jersey, 600 pp.

Levinson A. A., Bradshaw P. M. D. & Thomson I., (1987): Practical Problems in Exploration Geochemistry. Applied Publishing Ltd. Wilmette, Illinois, 269 pp.



McSween, H. Y., Richardson, S. M., & Uhle, M. E. (2003). *Geochemistry: Pathways and processes*. Columbia University Press. 432 pp.

Minero, E., Espinoza, M., & Hilje, N., (2007): *Química para el desarrollo*, Pearson Educación de México, S. A. de C. V., México, 280 pp.

Philpotts, A., & Ague, J. (2009). *Principles of igneous and metamorphic petrology*. Cambridge University Press.

Rollinson, H.R. (1993). *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific & Technical, 346 pp.

Rose A. W., Hawkes H. E., & Webb J. S. (1979): *Geochemistry in Mineral Exploration*, Second Edition, Academic Press, London, 657 pp.

Siegel F. R., (2002): *Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 218pp.

Walther J. V., (2005): *Essentials of Geochemistry*. Jones and Bartlett Publishers, Mississauga, Ontario, 704 pp.

Wellmer, F. W. (2012). *Statistical evaluations in exploration for mineral deposits*. Springer Science & Business Media.

White, W.M. (1998). *Geochemistry*. John-Hopkins University Press. 668 pp.

Winegardner D. L., (1995): *An Introduction to Soil for Environmental Professionals*. Lewis Publishers, Boca Raton, 270 pp.

Websites:

MELTS Software for thermodynamic modeling of phase equilibria in magmatic systems  
<http://melts.ofm-research.org/>

GeoChemical Data toolkit (GCDkit) <http://www.gcdkit.org/>