



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA  
Nombre del curso: **Geoquímica Introdutiva**  
Sigla: **G-0018**

**Grupo:** 01

**Créditos:** 3

**Horas lectivas:** 2 horas teóricas y 3 horas de laboratorio

**Horario del curso:** lunes 16:00-18:50, jueves de 7:00 a 8:50

**Modalidad del curso:** 100% virtual.

**Requisito(s):** G-4214 Geología de Campo I, G-4115 Petrografía R. Ígneas y Metamórficas

**Ciclo lectivo:** II-2020

**Tipo de curso:** Teórico-Laboratorio-Virtual

**Profesora:** Dra. Pilar Madrigal Quesada

**Correo:** mariadelpilar.madrigal@ucr.ac.cr

**Horario de atención a estudiantes (modalidad virtual):** M 9:30-12:00

### 1. Descripción del curso

Dentro de las ciencias de la Tierra, 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, cinética, el equilibrio de fases, la mineralogía, química acuática, 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(a) realizar evaluaciones precisas que describan procesos ígneos, metamórficos o sedimentarios durante la resolución de problemas geológicos. La geoquímica ha contribuido enormemente en la mejora de nuestro entendimiento de la Tierra y del Sistema Solar como un ente interconectado. Por ejemplo, mediante el estudio de la composición geoquímica de meteoritos tenemos una mejor idea de cómo se formó la Tierra y el Sistema Solar. Asimismo, gracias al estudio de isótopos contamos con métodos para cuantificar con precisión la escala del tiempo geológico.

Este curso busca introducir al estudiante a la geoquímica y promover el entendimiento de procesos geológicos y magmáticos desde dicha perspectiva. Durante el transcurso de este semestre, el estudiante aprenderá la adecuada manipulación e interpretación de datos geoquímicos. Uno de los aspectos más importantes en la evolución y modernización de las diferentes ramas de las geociencias ha sido transformar las disciplinas que tradicionalmente han sido cualitativas en información cuantitativa, racional y objetiva. Por lo tanto, uno de los objetivos de este curso será que el estudiante se sienta cómodo trabajando con datos numéricos, de volumen, o de masa obtenidos mediante procedimientos analíticos. Para efectos de este curso se utilizarán compilaciones de datos



geoquímicos de libre acceso mediante consultas a bases de datos como PetDb y Georoc. Mediante el uso de softwares de modelado geoquímico el estudiante pondrá en práctica los conceptos aprendidos durante las lecciones, utilizando herramientas visuales como diagramas de discriminación de ambientes geotectónicos y gráficos de variación geoquímica.

El curso se desarrollará de manera 100% virtual a través del sitio de Mediación Virtual para el curso; las horas de consulta son los miércoles de 9:30 a 12:00 m.d. y pueden realizarse mediante los foros asignados para consulta en Mediación o de manera sincrónica. El **horario de los lunes estará destinado para sesiones sincrónicas** durante las cuales se explicarán contenidos, se desarrollarán discusiones en grupo y se realizarán evaluaciones cortas sobre los temas y trabajos de la semana anterior. Los **jueves serán sesiones asincrónicas** donde el estudiante tendrá disponible el material de laboratorio para responder a los ejercicios de manera individual o grupal, dependiendo del tema. *Se espera la participación activa de los estudiantes durante las sesiones sincrónicas y la discusión de los temas de cada semana.*

## 2. Objetivos

### Objetivo general

Reconocer los principios fisicoquímicos que gobiernan el comportamiento de los elementos para identificar y describir críticamente ambientes geoquímicos y procesos geológicos que han dado origen a las rocas y minerales.

### Objetivos específicos

- Obtener, procesar e integrar datos geoquímicos por medio del uso de software para obtener información sobre diferentes procesos geológicos.
- Caracterizar geoquímicamente por medio de análisis cuantitativos los distintos tipos de rocas para determinar su fuente de origen.
- Aplicar los conocimientos geoquímicos al reconocimiento de los procesos geológicos que han dado origen a las rocas y minerales

## 3. Contenidos

### 1. INTRODUCCIÓN

- Formación y composición del Sistema Solar y la Tierra.
- Meteoritos
- Abundancia y distribución de elementos químicos.
- Evolución geoquímica de la Tierra.
- Estructura y composición del globo terrestre
- Composición química y estructura de la corteza terrestre.
- Clasificación geoquímica de los elementos.
- Reglas de Goldschmidt.
- Potencial Iónico.



## 2. PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS APLICADOS A SISTEMAS MAGMÁTICOS

- Leyes termodinámicas.
- Entropía y entalpía.
- Energía libre de Gibbs
- Equilibrio de fases
- Efecto de volátiles en el equilibrio de fases.
- Soluciones sólidas.
- Exsolución.
- Geotermómetros y geobarómetros.
- Difusión de elementos.
- Soluciones
- Velocidad de reacción
- Efecto de la temperatura en la cinética

## 3. MÉTODOS ANALÍTICOS EN GEOQUÍMICA

- Microscopía electrónica
- Espectrometría de masas
- Rayos X
- Espectroscopía

## 4. GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAYORES

- Clasificación de rocas.
- Diagrama TAS (álcalis totales vs. sílice)
- Series toleíticas, calcoalcalinas, alcalinas y komatiíticas.
- Diagramas de variación geoquímica.
- Reconocimiento de procesos geoquímicos en diagramas de elementos mayores (cristalización fraccionada, fusión parcial, mezcla y asimilación).

## 5. GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA

- Clasificación de los elementos traza.
- Coeficientes de partición.
- Geoquímica de tierras raras.
- Controles geológicos en la distribución de elementos traza.
- Fusión parcial.
- Cristalización fraccionada.
- Distribución de elementos traza durante la fusión parcial.
- Distribución de elementos traza durante la cristalización.
- Diagramas multielementos.

## 6. MAGMATISMO Y PETROGÉNESIS

- Magmatismo y procesos tectónicos globales.
- Magmas primarios.
- Fusión en el manto superior.
- Procesos que modifican la composición de magmas primarios.

Nuestra *salud mental* importa



## 7. GEOQUÍMICA DE ISÓTOPOS

Isótopos radiogénicos.

- Radiactividad y desintegración.
- Vida media.
- Sistemas de isótopos radiogénicos: Sm-Nd, Rb-Sr, U-Th-Pb.
- Petrogénesis y reservorios del manto.
- Geocronología.

Isótopos Estables

- Fraccionamiento de sistemas de isótopos
- Sistemas de isótopos: H, C, N, O, S

## 8. GEOQUÍMICA DE AMBIENTES GEOTECTÓNICOS

- Dorsales oceánicas (MORB).
- Arcos de islas.
- Márgenes continentales activos.
- Cuencas de trasarco.
- Basaltos de islas oceánicas (OIB).
- Magmatismo masivo intraplaca (large igneous provinces).
- Magmatismo de rift continental.
- Ambientes sedimentarios y diagénesis

## 9. GEOQUÍMICA DE COSTA RICA

- Costa Rica y su ambiente geoquímico

## 4. Metodología

El curso se desarrollará a través de la plataforma de Mediación Virtual. Toda actividad, tarea, evaluación corta y exámenes se realizará y evaluará en el entorno virtual.

Las sesiones sincrónicas se llevarán a cabo los lunes y durante estas se realizarán presentaciones del contenido teórico, así como estudios de casos, discusiones y exposiciones de los estudiantes. Se utilizará la plataforma Zoom a través de Mediación para estas sesiones.

**Las clases de teoría serán grabadas** para que el/la estudiante pueda consultar nuevamente los temas del curso. Quien no esté de acuerdo con ser grabado, podrá deshabilitar su imagen y micrófono. No obstante, el estudiantado debe estar consciente que el propósito del audio y video es preservar la idoneidad de los medios para evaluar el aprendizaje e intercambio de los conocimientos y técnicas, por lo que se recomienda su uso durante las actividades sincrónicas.

Las sesiones asincrónicas se realizarán los jueves. Para estas, se asignará el material correspondiente al módulo según el cronograma. Este puede ser: lectura de artículos, ejercicios de laboratorio con datos geoquímicos, videos con contenido teórico, juegos, evaluaciones cortas que el estudiante podrá contestar dentro del horario de la clase o a su



conveniencia. Estas sesiones pueden ser de trabajo individual o grupal dependiendo de la temática.

A lo largo del curso se le asignará un tema de investigación a cada estudiante para que desarrolle una investigación amplia y fundamentada sobre temas de geoquímica. Esta investigación deberá ser presentada en forma escrita y oral ante los compañeros del grupo.

Todas las evaluaciones deben hacerse y quedar registradas en Mediación Virtual. El/La estudiante será responsable de cumplir con las fechas y horas de entrega y de verificar que todos los documentos pertinentes a cada evaluación se hayan subido adecuadamente al entorno virtual. No se aceptarán entregas tardías sin la debida justificación escrita y siguiendo los lineamientos del reglamento de régimen académico estudiantil.

Las horas de consulta se realizarán de manera sincrónica en el horario indicado en el programa de estudio.

## 5. Cronograma

El curso de Geoquímica se divide en Teoría y Laboratorio. Se recomienda utilizar los siguientes cronogramas como una herramienta de apoyo para el estudiantado que permita establecer el tiempo de dedicación para cada tarea, el acceso a Internet y de recurso técnico con anticipación. S= sincrónica, A= Asincrónica

N° de semana	CRONOGRAMA DE TEORÍA			
	Fecha Día/Mes	Modalidad	Contenido/Evaluación	Actividad
1	10/08	S	INTRODUCCIÓN	Clase, Discusión, Lectura
2	17/08	Feriado		
3	24/08	S	PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS	Clase, Discusión, Lectura
4	31/08	S	MÉTODOS ANALÍTICOS EN GEOQUÍMICA	Clase, Discusión, Estudio de casos
5	07/09	S	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAYORES	Clase, Discusión, Lectura
6	14/09	Feriado		



7	21/09	S	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAYORES	Clase, Discusión, Lectura
8	28/09	S	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA	Clase, Discusión, Foro
9	05/10	S	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA	Clase, Discusión, Wiki
10	12/10	S	MAGMATISMO Y PETROGÉNESIS	Clase, Discusión, Lectura
11	19/10	S	GEOQUÍMICA DE ISÓTOPOS	Clase, Discusión
12	26/10	S	GEOQUÍMICA DE ISÓTOPOS	Clase, Discusión
13	02/11	S	GEOQUÍMICA DE AMBIENTES GEOTECTÓNICOS	Clase, Discusión, Foro
14	09/11	S	GEOQUÍMICA DE AMBIENTES GEOTECTÓNICOS	Clase, Discusión, Foro
15	16/11	S	GEOQUÍMICA DE AMBIENTES GEOTECTÓNICOS	Clase, Discusión, Foro
16	23/11	S	GEOQUÍMICA DE COSTA RICA	Clase, Discusión, Foro
<b>Finales</b>	<b>03/12</b>	<b>S</b>	<b>III Examen Parcial</b>	
<b>Ampliación</b>	<b>10/12</b>	<b>S</b>	<b>Examen de Ampliación</b>	

Nuestra *salud mental* importa



N° de semana	CRONOGRAMA DE LABORATORIO			
	Fecha Día/Mes	Modalidad	Contenido/Evaluación	Actividad
1	13/08	A	INTRODUCCIÓN	Evaluación corta, Foro
2	20/08	S	PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS	Clase, Laboratorio 1
3	27/08	A	PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS	Evaluación corta, Laboratorio 2
4	03/09	A	MÉTODOS ANALÍTICOS EN GEOQUÍMICA	Evaluación corta, Foro
5	10/09	A	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAYORES	Evaluación corta, Laboratorio 3
6	17/09	S	<b>I Examen Parcial</b>	
7	24/09	A	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAYORES	Evaluación corta, Laboratorio 4
8	01/10	A	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA	Evaluación corta, Laboratorio 5
9	08/10	A	GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA	Evaluación corta, Laboratorio 6
10	15/10	A	MAGMATISMO Y PETROGÉNESIS	Evaluación corta. Avance 1 Proyecto de investigación.
11	22/10	A	GEOQUÍMICA DE ISÓTOPOS	Evaluación corta, Laboratorio 7
12	29/10	S	<b>II Examen Parcial</b>	
13	5/11	A	GEOQUÍMICA DE AMBIENTES GEOTECTÓNICOS	Evaluación corta, Avance 2 Proyecto de Investigación

Nuestra *salud mental* importa





14	12/11	A	GEOQUÍMICA DE AMBIENTES GEOTECTÓNICOS	Evaluación corta, Laboratorio 8
15	19/11	A	GEOQUÍMICA DE AMBIENTES GEOTECTÓNICOS	Evaluación corta, Laboratorio 9
16	26/11	S	GEOQUÍMICA DE COSTA RICA	Evaluación corta, Entrega Final Proyecto de Investigación
<b>Finales</b>	<b>03/12</b>	<b>S</b>	<b>III Examen Parcial</b>	
<b>Ampliación</b>	<b>10/12</b>	<b>S</b>	<b>Examen de Ampliación</b>	

## 5.a Recursos

Acceso a computadora y conexión a internet. A través de Mediación Virtual el estudiante podrá encontrar los recursos necesarios para cada módulo: lecturas, links a videos, programas de modelado geoquímico, links a bases de datos donde descargar información y todas las actividades del curso.

## 6. Evaluación

La evaluación del curso se divide en los siguientes rubros:

I Parcial (17 de Setiembre)	15%
II Parcial (29 de Octubre)	15%
III Parcial (3 de Diciembre)	15%
Evaluaciones cortas (a través de Mediación)	20%
Informes de Laboratorio	20%
Proyecto de Investigación (3 entregas)	15%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

- Evaluaciones cortas: se realizarán 12 evaluaciones cortas durante el curso, todas a través de Mediación. Pueden ser tipo quiz, juego, creación de un glosario o wiki, o cualquier otra estrategia didáctica que se especifique con antelación.





- Informes de Laboratorio: son 9 informes en total; se entregan a través del sitio de Mediación Virtual.
- Proyecto de investigación individual: cada estudiante escogerá un tema de investigación, el cual desarrollará a lo largo del curso en tres entregas parciales de 5% cada una. Es un proyecto de investigación bibliográfica actual, de alta calidad, que implica compilación y análisis de datos. Este proyecto debe estar bien fundamentado y redactado. La rúbrica para este proyecto se especificará durante el semestre.

### 7. Bibliografía recomendada

- ALBARÈDE, F. 2003. *Geochemistry. An introduction.* Cambridge University Press. 248 pp.
- DICKIN, A.P. 1997. *Radiogenic isotope geology.* Cambridge University Press, 490 pp.
- FAURE, G. 1986. *Principles of Isotope Geology.* 2nd Edition. Willey & Sons, 589 pp.
- GILL, R. (editor) 1997. *Modern Analytical Geochemistry. An introduction to quantitative chemical analysis for earth, environmental and materials scientists.* Longman Scientific & Technical, 329 pp.
- GILL, R. 1989. *Chemical fundamental of Geology.* Unwin Hyman, 292 pp.
- HOEFS, J. 1973. *Stable isotope geochemistry.* Springer-Verlag, 140 pp.
- HOLLAND, H.D., y TUREKAIN, K.K. (editores) 2005. *Treatise on Geochemistry.* 5155 pp.
- JANOŠEK, V., MOYEN, J.-F., MARTIN, H., ERBAN, V., FARROW, C., 2016. *Geochemical Modelling of Igneous Processes: Principles and Recipes in R Language.* Springer.
- KRAUSKOPF, K.B. 1979. *Introduction to Geochemistry.* McGraw Hill, 671 pp.
- LOPEZ-RUIZ, J. y CEBRIA-GOMEZ, J.M. 1990. *Geoquímica de los procesos magmáticos.* Rueda, 168 pp.
- MASON, B. y MOORE, C.B. 1982. *Principles of geochemistry.* 4th edition. Willey & Sons, 344 pp.
- MCSWEEN, H. Y., RICHARDSON, S. M., & UHLE, M. E. 2003. *Geochemistry: Pathways and processes.* Columbia University Press. 432 pp.
- MISRA, K. C. 2012. *Introduction to geochemistry: principles and applications.* John Wiley & Sons. 452 pp.
- ROLLINSON, H.R. 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation.* Longman Scientific & Technical, 346 pp.
- WHITE, W.M. 1998. *Geochemistry.* John-Hopkins University Press. 668 pp.**
- WILSON, B. M. 2007. *Igneous petrogenesis a global tectonic approach.* Springer Science & Business Media. 466 pp.