

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

**GEOQUÍMICA**

**0411**

**5°**

**09**

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

**Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**Geología**

**Ingeniería Geológica**

Ciencias de la Tierra

Geología

Geología

**Asignatura:**

Obligatoria

Optativa

**Horas:**

Teóricas

Prácticas

**Total (horas):**

Semana

16 Semanas

Aprobado:  
Consejo Técnico de la Facultad  
Consejo Académico del Área de las Ciencias  
Físico Matemáticas y de las Ingenierías

Fecha:  
25 de febrero, 4 y 17 de marzo, y 16 de junio de 2005  
12 de agosto de 2005

**Modalidad:** Curso.

**Seriación obligatoria antecedente:** Ninguna.

**Seriación obligatoria consecuente:** Ninguna.

**Objetivo(s) del curso:**

El alumno desarrollará y tendrá la capacidad para el planteamiento y solución de problemas geoquímicos, presentes en la formación de minerales y rocas, relacionados a fenómenos ígneos, sedimentarios y metamórficos.

**Temario**

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción	1.5
2.	Origen del Universo y clasificación de los materiales pétreos extraterrestres (meteoritos) y su relación con los materiales pétreos terrestres	1.5
3.	Equilibrio termodinámico	9.0
4.	Equilibrio de fases	3.0
5.	Termodinámica de soluciones	9.0
6.	Equilibrio de fases en sistemas ígneos	9.0
7.	Las reacciones del H <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub> con las fases minerales	3.0
8.	Constante de equilibrio y potencial químico	6.0
9.	Reacciones de óxido-reducción	6.0
10.	Comportamiento de los elementos traza	6.0
11.	Geoquímica Isotópica	6.0
12.	Nociones de Geoquímica Orgánica	6.0
13.	Geoquímica Ambiental	6.0
	Total	72.0



## 1 Introducción

**Objetivo:** El alumno ubicará a la Geoquímica en el contexto geológico e histórico y conocerá las clasificaciones de los elementos químicos que componen a las rocas, así como las distribuciones y afinidades geoquímicas de los elementos.

**Contenido:**

- 1.1 Definiciones y conceptos.
- 1.2 La Geoquímica, nueva ciencia en la Geología, a partir de la Mineralogía.
- 1.3 Bosquejo histórico de la Geoquímica y su desarrollo.
- 1.4 Abundancia, clasificación, distribución y afinidad geoquímica de los elementos mayores, menores y traza.
- 1.5 Importancia de la Geoquímica.

## 2 Origen del Universo, clasificación de los materiales pétreos extraterrestres (meteoritos) y su relación con los materiales pétreos terrestres

**Objetivo:** El alumno realizará un análisis del origen del universo, evolución y generación de los elementos químicos, para la identificación de material primigenio (meteoritos condriticos) y material diferenciado, para entender la evolución generada en las diferentes capas terrestres que conforman al planeta Tierra.

**Contenido:**

- 2.1 Nucleosíntesis, origen del Universo, discusión de las teorías propuestas y formación del Sistema Solar.
  - 2.1.1 Meteoritos.
  - 2.1.2 Féreos.
  - 2.1.3 Pétreos.
  - 2.1.4 Ferro-pétreos (Condriticos y acondriticos).
- 2.2 Abundancia de los elementos en el Universo y en la Tierra.
- 2.3 Abundancia de los elementos en el Universo y en la Tierra.
- 2.4 Análisis de las diferentes capas de la Tierra (corteza, manto y núcleo), su evolución y relación en concentración de elementos, así como texturas con meteoritos.
- 2.5 Estándares basados en meteoritos, para la clasificación en rocas terrestres, a partir de la concentración o abundancia de elementos mayores, menores y traza.

## 3 Equilibrio termodinámico

**Objetivo:** El alumno aplicará los conocimientos de Termodinámica y Química en el campo de la Geoquímica.

**Contenido:**

- 3.1 Introducción a las propiedades de los gases.
- 3.2 Ley de los gases ideales, gases reales, isotermales de los gases y el fenómeno crítico. La teoría del estado correspondiente a la ecuación de Redlich-Kwong modificada.
- 3.3 Principios de Termodinámica:



Primera ley: Energía interna, energía, trabajo y calor. Segunda ley: Entropía, combinación de la primera y la segunda ley. Entalpía, cambios de energía: energía libre, criterio de la espontaneidad y equilibrio, dependencia de la temperatura. Tercera ley de la Termodinámica.

#### 4 Equilibrio de fases

**Objetivo:** El alumno aplicará los principios termodinámicos a las reacciones de equilibrio entre fases minerales en diferentes procesos geológicos y condiciones de laboratorio (experimental).

**Contenido:**

- 4.1 Superficie de energía libre.  
(Conceptos: Univariante y divariante, la ecuación de Clapeyron).
- 4.2 Regla de Schreinemaker.  
(Reacciones de primer y segundo orden en soluciones).
- 4.3 Cálculo de líneas univariantes.

#### 5 Termodinámica de soluciones

**Objetivo:** El alumno conocerá la variación de la composición en soluciones para la formación de minerales ígneos y metamórficos.

**Contenido:**

- 5.1 Componentes conservativos y no conservativos en una solución.
- 5.2 Leyes de Rault y Henry.
- 5.3 Potencial químico de las soluciones (molaridad).
- 5.4 Las propiedades termodinámicas en soluciones ideales.
- 5.5 Fugacidad, actividad y estados estándares.
- 5.6 Soluciones reales e ideales.
- 5.7 Soluciones separadas (inmiscibilidad y exsolución).

#### 6 Equilibrio de fases en sistemas ígneos

**Objetivo:** El alumno comprenderá cómo se generan los procesos geoquímicos en la formación de minerales, mediante el intercambio de materia-energía, relacionados con su entorno o ambiente geológico, donde entran en acción diversos fluidos (líquidos, gas y sólidos) y en donde la presión, temperatura y composición química, etc., juegan un papel importante en los procesos geoquímicos.

**Contenido:**

- 6.1 Definiciones (Sistema, frontera, fase, componentes y grados de libertad).
- 6.2 Regla de las fases de Gibbs.
- 6.3 Regla de la balanza.



- 6.4 Sistemas de dos componentes.
- 6.5 Sistemas binarios (Componentes intermedios, inmiscibilidad líquida, solución sólida incompleta, solución sólida completa, solución sólida parcial, etc.).
- 6.6 Sistemas ternarios y multicomponentes.

## 7 Las reacciones del H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> con las fases minerales

**Objetivo:** El alumno comprenderá cómo se generan las reacciones metamórficas e ígneas y la importancia de las fases volátiles de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, etc., durante los procesos de cristalización, o depósito de minerales.

**Contenido:**

- 7.1 El comportamiento de los fluidos bajo condiciones de presión, volumen y temperatura.
- 7.2 La termodinámica de las reacciones entre los minerales y los fluidos de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, así como mineralización.
- 7.3 Importancia de los volátiles en procesos hidrotermales.

## 8 Constante de equilibrio y potencial químico

**Objetivo:** El alumno considerará el equilibrio heterogéneo multicomponente bajo condiciones de presión, temperatura y variables composicionales, especialmente enfocado en las actividades químicas.

**Contenido:**

- 8.1 La constante de equilibrio (para sólidos, líquidos y gases).
- 8.2 La dependencia de la constante de equilibrio de los parámetros de temperatura, presión y composición química.
- 8.3 Diagramas de potencial químico (Obtención de la pendiente y mezcla de volátiles a altas presiones por temperatura, diagramas de actividad en medios acuosos, el índice de saturación, diagramas de estabilidad).

## 9 Reacciones de óxido-reducción

**Objetivo:** El alumno desarrollará la habilidad de interpretar cálculos que expliquen el equilibrio electroquímico de iones y minerales en solución de los diferentes ambientes geológicos y, además, deberá comprender la importancia de la fugacidad del oxígeno como una variable esencial en el equilibrio.

**Contenido:**

- 9.1 Principios electroquímicos.
- 9.2 La ecuación de Nernst.
- 9.3 Diagramas de Eh-pH.
- 9.4 Equilibrio de REDOX a temperaturas elevadas (sistema de equilibrio Fe-Si-O-H-C-O y C-O-H).
- 9.5 La fugacidad del oxígeno en las rocas ígneas y metamórficas y sistemas hidrotermales.



## 10 Comportamiento de los elementos traza

**Objetivo:** El alumno comprenderá el porqué de la distribución de estos elementos, aplicándolos a problemas de diferenciación magmática, evolución ígnea, contaminación cortical, cristalización fraccionada, geotermometría y geobarometría.

### Contenido:

- 10.1 Clasificación de los elementos traza.
  - 10.1.1 Coeficiente de partición.
- 10.2 Ley de Henry y su aplicación.
- 10.3 Coeficiente de distribución de Nernst.
- 10.4 Elementos traza como geotermómetros y geobarómetros.
- 10.5 Elementos traza en la evolución magmática.
- 10.6 Ley de Rayleigh.
- 10.7 Cristalización fraccionada y fusión parcial.

## 11 Geoquímica Isotópica

**Objetivo:** El alumno conocerá los procesos naturales que rigen el fraccionamiento y decaimiento isotópico para la medición (edad) y concentración másica de los diferentes isótopos en la aplicación y solución de problemas en Geología.

### Contenido:

- 11.1 Geocronómetros
  - 11.1.1 Modos de decaimiento.
  - 11.1.2 Ley de la radioactividad.
  - 11.1.3 Métodos de fechamiento.
- 11.2 Fraccionamiento isotópico.
- 11.3 Isótopos estables, características y aplicación a sistemas geológicos.
- 11.4 Isótopos radiogénicos, características y aplicación a sistemas geológicos.

## 12 Nociones de Geoquímica Orgánica

**Objetivo:** El alumno desarrollará la habilidad de interpretar cálculos que expliquen el equilibrio electroquímico de iones y minerales en solución en los diferentes ambientes geológicos y, además, deberá comprender la importancia de la fugacidad del oxígeno como una variable esencial en el equilibrio.

### Contenido:

- 12.1 Definición de geoquímica orgánica.
- 12.2 Origen de la materia orgánica.
  - 12.2.1 Compuestos orgánicos y nomenclatura.
- 12.3 El ciclo bioquímico.
- 12.4 Calidad y tipos de materia orgánica.
- 12.5 La diagénesis en la materia orgánica.
- 12.6 La materia orgánica en las rocas.



- 12.7 La formación de hidrocarburos.
- 12.8 Métodos analíticos para el estudio de la materia orgánica.
- 12.9 Parámetros empleados en la determinación del potencial general de la roca.
- 12.10 Determinación del grado de evolución de la materia orgánica en la roca: métodos ópticos y químicos.
- 12.11 Métodos geoquímicos de superficie.
- 12.12 La materia orgánica en los depósitos metalíferos.

### 13 Geoquímica Ambiental

**Objetivo:** El alumno aplicará los conocimientos adquiridos y precedentes en la prevención y solución de problemas por contaminación ambiental (Geología Ambiental).

**Contenido:**

- 13.1 Químicos inorgánicos en aguas subterráneas, (Unidades de medición y concentración, el equilibrio químico y las leyes de acción de masa, reacciones de oxido-reducción, relación entre Eh-pH, complejos metálicos, química de contaminantes inorgánicos no metálicos, química de mátales, isótopos radioactivos).
- 13.2 Compuestos orgánicos en aguas subterráneas, (Propiedades físicas, estructura orgánica y nomenclatura, destilados del petróleo, grupos funcionales: éteres, alcoholes, fenoles, etc.; degradación de compuestos orgánicos, ejemplos de campos de biodegradación, análisis de compuestos orgánicos en aguas subterráneas).
- 13.3 Desechos radioactivos, (Tipos de desechos radioactivos, depósitos radioactivos y sus disposiciones geológicas, geoquímica del plutonio, diagramas de Eh-pH del neptunio y plutonio).
- 13.4 Desechos sólidos, (Influencia en el medio ambiente, solubilidades, disposiciones geodepositacionales).
- 13.5 Desechos mineros (material de origen pétreo), depositación adecuada, actividad o equilibrio de hales, ambientes oxidantes o reductores, contaminación del agua, etc.

---

#### Bibliografía básica:

CHATTERJEE, N. D.  
*Apille Mineralogical Thermodynamics Select Topics*  
New York  
Springer Verlag, 1991

COX, K. G.  
*The Interpretation of Igneous Rocks*  
London, Gran Bretaña  
George Allen and Unwin, 1984

NORDSTROM, D.  
*Geochemical Thermodynamics*  
U.S.A.  
The Benjamin Leumminfs Pub.Ca, 1985



POMS, P. J.  
*Geochemical Reference Material Compositions: Rocks, Minerals and Sediments*  
U.S.A.  
CRC Pr, 1992

RICHARSON, S. M Y McSWEEN, H. L Jr  
*Geochemistry Pathways and Processes*  
New Jersey,  
Prentice Hall, Inc., 1989

WHITE William M.  
*Geochemistry*  
U.S.A.  
Universidad de Cornell (material digital, on-line), 2004

#### **Bibliografía complementaria:**

DURRUNCE, E. M.  
(antología)  
*Geochemistry of Gaseous Elements and Compounds*  
Atenas  
Teophratos Pub, 1990

FAURÉ, Gordon.  
*Principles of Isotope Geology*  
New York  
John Wiley and Sons, 1986

HENDERSON, Paul.  
*Rare Earth Element Geochemistry*  
Amsterdam  
Elsevier, 1984

VALLEY, J. W.  
*Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes*  
U.S.A.  
Mineralogy Society of America, 1986

ROLLINSON Hugh R.  
*Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*  
Harlow, United Kingdom  
Logman Scientific and Technical, 1993

**Sugerencias didácticas:**

Exposición oral	<input checked="" type="checkbox"/>	Lecturas obligatorias	<input checked="" type="checkbox"/>
Exposición audiovisual	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajos de investigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios dentro de clase	<input type="checkbox"/>	Prácticas de taller o laboratorio	<input type="checkbox"/>
Ejercicios fuera del aula	<input type="checkbox"/>	Prácticas de campo	<input type="checkbox"/>
Seminarios	<input type="checkbox"/>	Otras	<input type="checkbox"/>

**Forma de evaluar:**

Exámenes parciales	<input checked="" type="checkbox"/>	Participación en clase	<input checked="" type="checkbox"/>
Exámenes finales	<input checked="" type="checkbox"/>	Asistencias a prácticas	<input type="checkbox"/>
Trabajos y tareas fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>	Otras	<input type="checkbox"/>

**Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura**

Ingeniero Geólogo especializado en Geoquímica y Petrología.