

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
Y MUSEO**

—••••—  
**PROGRAMAS**  
—••••—

AÑO 2016

Cátedra de GEOQUIMICA

Profesora CAVAROZZI CLAUDIA



**Universidad Nacional de La Plata**  
**Facultad de Ciencias Naturales y Museo**

**Programa teórico y práctico**

**Nombre de la asignatura:** GEOQUÍMICA

**Tipo de régimen:** anual.

**Modalidad:** régimen tradicional.

**Carga horaria total:** 160 horas (máximo)

**Clases teóricas:** 66 horas de dictado de temas teóricos impartidos en 44 clases de 1 ½ horas (3 de esas clases se dictan en el horario de los Trabajos Prácticos). Además se dictan un máximo de 26 horas de clases de consulta para exámenes finales, a demanda del alumnado.

**Trabajos prácticos:** 94 horas.

Desarrollo de Trabajos Prácticos: 60 horas en total en 20 Trabajos Prácticos, repartidas en 14 clases de resolución de problemas y 6 clases de laboratorio, de 3h cada una;

2 fechas de examen parcial con 2 recuperaciones cada una, de 3h respectivamente;

5 clases de consulta previas al examen parcial de 2h cada una;

3 clases recuperación de trabajos prácticos de laboratorios de 2h cada una.

**Nombre del Profesor Titular:** CAVAROZZI, Claudia Ernestina.

**Nombres de la planta docente y cargos:**

**Profesor Adjunto ordinario:** CAROL, Eleonora Silvina.

**Jefe de Trabajos Prácticos interino:** DI LELLO, Claudia Viviana.

**Ayudante Diplomado interino:** JURADO, Sandra.

**Ayudante Diplomado interino:** MARI, Florencia.

**Ayudante Diplomado interino:** MARTINO, Julia.

**Ayudante Alumno interino:** SANTAMARINA, Alan Facundo.

**Mails de contacto de la Cátedra:**

[cavarozzi@cig.museo.unlp.edu.ar](mailto:cavarozzi@cig.museo.unlp.edu.ar); [eleocarol@vanoo.com.ar](mailto:eleocarol@vanoo.com.ar);  
[cdilello@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:cdilello@fcnym.unlp.edu.ar)

**Página web de la Cátedra de Geoquímica:**

[http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/geoquimica/index\\_abajo.html](http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/geoquimica/index_abajo.html)

**Facebook de la Cátedra de Geoquímica:**

<http://www.facebook.com/pages/CatedradeGeoquímica-UNLP/143553225767573>

## **2- Contenido global del curso y fundamentación de la asignatura en relación al diseño curricular vigente, y a su articulación tanto horizontal como vertical con otras asignaturas.**

La Geoquímica es una disciplina científica perteneciente al grupo que conforman las Ciencias de la Tierra, destinada a establecer, desarrollar y aplicar los principios fisicoquímicos que permitan explicar de un modo general el comportamiento de los componentes químicos en los medios naturales. Es intención principal de la cátedra, en este aspecto, desarrollar los objetivos primarios de la Geoquímica sobre la base de una estructura edificada con el apoyo permanente de las leyes fundamentales de la Física, la Química y la Matemática, junto con el conocimiento básico de los temas esenciales de la Geología y la Mineralogía, tal cual se presentan en asignaturas como Fundamento de Geología y Mineralogía. En este contexto la cátedra imprime al curso un carácter fundamentalmente formativo.

Geoquímica es una asignatura básica, obligatoria, dictada en el 2<sup>do</sup> año de las carreras de Geología y Geoquímica. Esta ubicación dentro del plan de estudios responde a la necesidad de contar con conocimientos de Química y Matemática más profundos que los impartidos en el nivel secundario, y con saberes de Geología, que habitualmente no se enseñan en esa etapa educativa.

Por otro lado, resulta introductoria de asignaturas disciplinares como las Petrologías (Rocas Ígneas, Rocas Metamórficas y Sedimentología), dictadas en el 3<sup>er</sup> año de las mencionadas carreras.

Se imparte simultáneamente con Mineralogía, asignatura con la que comparte ciertos aspectos pero que son encarados desde puntos de vista particulares, resultando en un óptimo complemento para la interpretación global de los temas en común.

Física General y Matemática y Estadística también se dictan en simultáneo y constituyen herramientas fundamentales para la comprensión de muchos aspectos de la Geoquímica.

## **3- Objetivos generales y/o específicos que se espera alcance el alumno al finalizar la asignatura.**

Los objetivos generales y específicos de esta asignatura se enfocan en la comprensión de las etapas que componen el ciclo geoquímico de los elementos y la formulación del desarrollo de sus diferentes modelos de distribución y características de migración a través y entre las distintas esferas geoquímicas componentes de la Tierra.

Importante es destacar que estos conceptos deben impartirse con criterio moderno, desechando el tratamiento individual de los elementos y haciendo prevalecer el carácter general de la enseñanza con aplicación permanente de las leyes de la geoquímica en la descripción y explicación fundamentada de los procesos magmáticos, sedimentarios y metamórficos. De este modo el alumno manejando con propiedad los principios geoquímicos básicos podrá construir el ciclo geoquímico de cualquier componente químico sin haberlo considerado en modo sistemático en ningún momento de su curso.

Un aspecto importante que facilita la comprensión del comportamiento de los elementos en sus medios naturales y que constituye de este modo un auxiliar inestimable de la enseñanza, es el conocimiento de las propiedades químicas de los elementos en medio acuoso, especialmente referidas a sus diferentes solubilidades en función de características fisicoquímicas tales como, pH y potencial rédox, y de composición química de los medios naturales supergénicos (aguas, suelos, sedimentos, etc.).

En tal sentido, el curso desarrolla en sus primeras bolillas aspectos físico-químicos que luego servirán de sustento para la explicación y la interpretación de los procesos geológicos que se desarrollan en las siguientes unidades temáticas.

Ello permite establecer en forma clara el modo de presentación del componente químico en el sistema que lo contiene y su grado de movilidad relativa, aspectos importantes que hacen al estudio de los principios básicos de prospección geoquímica.

#### **4- Contenidos a desarrollar, según unidades temáticas, en clases teóricas y en trabajos prácticos con su debida fundamentación.**

### **PROGRAMA ANALÍTICO**

#### **Unidades temáticas**

- 1- INTRODUCCIÓN. Definición, objetivos. Disciplinas auxiliares. La Tierra y el Sistema Solar. Abundancia de los elementos en el Cosmos: ley de Goldschmidt y de Oddo-Harkins. Origen de los elementos. Estabilidad de los nuclidos. Estructura y composición geoquímica de la Tierra: corteza, manto y núcleo. Clasificación geoquímica de los elementos. Ciclo geoquímico.
- 2- CRISTALOQUÍMICA. Sólidos amorfos y cristalinos. Tipos de unión: cristales iónicos y covalentes. Tamaño de los iones y número de coordinación. Regla de la relación de radios. Energía de retículo cristalino. Fuerza de polarización. Potencial iónico. Electronegatividad. Unión metálica y de Van der Waals. Isomorfismo, sustitución y polimorfismo. Estructura cristalina de los silicatos.
- 3- EQUILIBRIO QUÍMICO EN SISTEMAS HOMOGÉNEOS. Ley de acción de masas. Velocidad de una reacción química y constante de equilibrio. Principio de Le Chatelière. Equilibrio químico en sistemas homogéneos: el agua, sus propiedades físicas y químicas, disociación. Concepto de pH. Ácidos y bases. Constante de disociación de ácidos y bases débiles. Hidrólisis. Sistemas reguladores. Efecto de ion común. Ejemplos de interés geológico: efecto regulador del agua de mar.
- 4- EQUILIBRIO QUÍMICO EN SISTEMAS HETEROGÉNEOS. Sustancias poco solubles. Solubilidad y producto de solubilidad. Soluciones saturadas. Factores que la modifican: temperatura, efecto de ion común, efecto salino, etc. Concepto de fugacidad y actividad. Fuerza iónica. Ejemplo de precipitados:

solubilidad del carbonato de calcio en agua pura y en agua de mar. Condiciones de precipitación de calizas. Formación de toscas.

- 5- TERMODINÁMICA. Principio de la conservación de la energía: Primera Ley de la Termodinámica: energía interna y trabajo máximo. Entalpía. Segunda Ley de la Termodinámica: irreversibilidad de los procesos espontáneos. Entropía y Energía libre. Potencial químico. Condiciones de equilibrio y criterio de transformación espontánea. Relación entre la energía libre y la constante de equilibrio. Tercera Ley de la Termodinámica: ecuación de Clapeyron.
- 6- GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS (I). Clasificación de rocas ígneas desde el punto de vista geoquímico. Composición química y mineralógica: minerales félsicos y máficos, esenciales, accesorios y secundarios. Cristalización de magmas. Principio de Reacción de Bowen, series de reacción continua y discontinua. Propiedades características. Casos particulares.
- 7- GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS (II). Equilibrio de fases. Regla de las fases: concepto de fase, número de componentes, grados de libertad. Regla mineralógica de las fases. Sistemas de un componente (agua) y de dos componentes con un punto eutéctico y dos puntos eutécticos. Sistemas binarios con puntos de fusión congruente e incongruente. Sistemas de tres componentes: diagramas con eutéctico ternario, con líneas cotécticas continua y con mínimo térmico. Ejemplos de interés geológico: diagramas de cristalización de silicatos componentes de magmas.
- 8- GEOQUÍMICA DE ROCAS ÍGNEAS (III). Distribución de elementos mayoritarios y minoritarios. Diagramas de variación. Origen de rocas granitoides y basaltos. Sistema petrogénico residual. Diagrama de Kuchiro. Estadios finales de la cristalización magmática: teoría de formación de aplitas, pegmatitas, depósitos hidrotermales.
- 9- GEOQUÍMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS (I). Definiciones. Diagrama del ciclo menor. Clasificación geoquímica de sedimentos. Composición química y mineralógica de rocas sedimentarias. Secuencia de alteración. Serie de Estabilidad de Goldich. Factores que afectan la estabilidad de los minerales.
- 10- GEOQUÍMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS (II). Factores fisicoquímicos del proceso sedimentario. Función del pH y aplicación del concepto de potencial iónico. Electroquímica: concepto de oxidación y reducción. Electroodos. Potenciales normales y serie electroquímica de los elementos. Convención de signos. Energía libre y potencial de electrodo. Ecuación de Nerst. Diagramas de pH-Eh. Ejemplos de interés geológico.
- 11- GEOQUÍMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS (III). Factores fisicoquímicos del proceso sedimentario. Fenómenos de superficie. Estado coloidal: definiciones y clasificación. Propiedades. Factores de estabilidad. Fenómenos de adsorción. Coagulación y peptización. Intercambio iónico. Procesos de meteorización química: solubilización, hidratación, ataque por ácidos, oxidación e hidrólisis. Meteorización de rocas. Ejemplos. Formación de arcillas y suelos lateríticos.
- 12- GEOQUÍMICA DE ROCAS METAMÓRFICAS (I). Definición. Agentes del metamorfismo. Límites del metamorfismo. Tipos de metamorfismo y series de facies. Nomenclatura de las rocas metamórficas. Metamorfismo dinamo-térmico de rocas pelíticas y máficas: protolitos y tipos de rocas metamórficas, composición química y diagramas de representación química. Cambios

geoquímicos en el metamorfismo prógrado. Ejemplos de reacciones continuas y discontinuas.

- 13- GEOQUÍMICA DE ROCAS METAMÓRFICAS (II). Metamorfismo de rocas calcáreas. Protolitos y tipos de rocas metamórficas, composición química y diagramas de representación química. Cambios geoquímicos en el metamorfismo prógrado. Importancia de la composición de la fase fluida. Sistemas abiertos y cerrados. Metamorfismo de contacto. Metasomatismo. Metamorfismo dinámico: tipos de protolitos y rocas metamórficas. Cambios geoquímicos producto del metamorfismo.
- 14- GEOLOGÍA ISOTÓPICA. Isótopos estables e inestables. Mecanismos de decaimiento. Principios de datación radimétrica. Métodos radimétricos: rubidio-estroncio, potasio-argón, uranio-plomo y neodimio-samarium,  $^{14}\text{C}$ . Isocronas y errorcronas. Isótopos estables: oxígeno, hidrógeno, azufre y carbono. Fraccionamiento. Paleotermometría. Fraccionamiento biogénico. Aplicaciones.
- 15- HIDRÓSFERA (I). Distribución del agua en la Hidrósfera. Geoquímica del agua continental y subterránea. Mecanismos de adquisición de sales (disolución, intercambio iónico, etc.). Secuencia de Chevotareb. Solubilidad e índices de saturación. Mecanismos que controlan la composición química de los cuerpos de agua superficial. Diagrama de Gibbs.
- 16- HIDRÓSFERA (II). Composición del agua de mar (iones mayoritarios, minoritarios y trazas). Tiempo de residencia. Mecanismos reguladores de la composición del agua de mar. pH y Eh. Evaporación de aguas salinas: regla de precipitación de sales, pares salinos con ión común y pares salinos recíprocos. Evaporación del agua de mar. Secuencias de precipitación experimentales. Diagrama de Janěcke. Ambientes evaporíticos, tipos de depósitos.
- 17- ATMÓSFERA. Composición química de la Atmósfera: componentes constantes y variables. Tropósfera, Estratósfera, Mesósfera, Ionósfera y Exósfera. Génesis y evolución de la Atmósfera: Atmósfera primordial y adiciones y pérdidas atmosféricas.
- 18- BIÓSFERA. Elementos de Química orgánica. Definición y composición química. Depósitos biogénicos: caustobiolitos y acaustobiolitos. Origen de la hulla y el petróleo. Composición química. Contenido de elementos minoritarios en depósitos biogénicos. Ciclo geoquímico del carbono.
- 19- GEOQUÍMICA ANALÍTICA (I). Objeto de la Geoquímica Analítica. Clasificación. Vías del análisis químico. Toma y preparación de la muestra: trituración, cuarteo, pulverización. Ensayos preliminares. Solubilización de sustancias: disolución y disgregación. Tipos de disgregantes y aplicaciones geoquímicas más importantes. Métodos analíticos más utilizados para diferentes tipos de muestra. Seguridad e higiene en el laboratorio.
- 20- GEOQUÍMICA ANALÍTICA (II). Análisis químico cualitativo. Esquema general de análisis. Marcha sistemática de los cationes del primero, segundo y tercer grupo: plata (I), plomo (II), mercurio (I), hierro (II), hierro (III), cobalto (II), níquel

(II), cobre (II), manganeso (II), mercurio (II), aluminio (III), estaño (II), estaño (IV), cinc (II) y molibdeno (VI). Reacciones generales. Identificación.

- 21-GEOQUÍMICA ANALÍTICA (III).** Análisis químico cualitativo. Marcha sistemática de los cationes del cuarto y quinto grupo: calcio (II), estroncio (II), bario (II), amonio, sodio (I), potasio (I) y magnesio (II). Reacciones generales. Identificación.
- 22-GEOQUÍMICA ANALÍTICA (IV).** Análisis químico cualitativo. Identificación de los aniones. Reacciones para la detección de los principales aniones de interés geológico: carbonatos, sulfuros, sulfatos, cloruros, nitratos, silicatos, fosfatos, boratos y fluoruros.
- 23-PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA.** Definiciones. Principios básicos, el medio geoquímico, movilidad iónica en diferentes medios. Asociaciones de elementos y dispersiones. Modelos de distribución geoquímica: concepto de umbral y de anomalía geoquímica. Dispersión primaria y secundaria. Selección de métodos de prospección: litogeoquímicos, hidroggeoquímicos, biogeoquímicos y atmoggeoquímicos. Estudios preliminares. Principios generales de la etapa de exploración de reconocimiento y de prospección de detalle.

## Fundamentación

Los contenidos de la asignatura, surgen a los efectos de dar cumplimiento con los objetivos específicos. Se estima que un programa de la asignatura Geoquímica debe considerar los siguientes aspectos fundamentales:

1- Descripción de las diferentes esferas geoquímicas de la Tierra con especial atención a los aspectos químico y fisicoquímico dentro de un marco de características geológicas: estructura interna de la Tierra; composición química y mineralógica del manto superior y corteza. Diferenciación geoquímica primaria. Clasificación geoquímica de los elementos y sus configuraciones electrónicas. Nociones fundamentales de la teoría de la tectónica global. Hidrosfera, Atmósfera y Biósfera.

Se incluyen en este estudio nociones de Cosmoquímica y del Origen de los elementos para complementar aquellos temas y darles unidad pedagógica.

2- Geología isotópica. Mecanismos de decaimiento. Principios de la datación radimétrica. Métodos: Rb-Sr, K-Ar, Sm-Nd, radio-carbono y U-Pb. Isocronas. Isótopos estables de oxígeno, hidrógeno, azufre y carbono. Fraccionamiento isotópico. Paleotemperaturas. Aplicaciones.

3- Desarrollo con orientación y ejemplos geológicos y geoquímicos de los principios fisicoquímicos que se aplican a los efectos de fundamentar el comportamiento de los elementos en sus medios naturales. Ellos son:

**3.1- Leyes del equilibrio químico en sistemas homogéneos;** Ley de acción de masas; Principio de Le Chatèlier; Constante de equilibrio en reacciones reversibles; disociación del agua y de ácidos y bases fuertes y débiles; Concepto de Hidrólisis congruente e incongruente y de Soluciones reguladoras.

**3.2- Leyes del equilibrio químico en Sistemas heterogéneos:**



**3.2.1-** sistemas conformados por un sólido poco soluble en equilibrio con una solución saturada de sus iones: concepto de solubilidad y producto de solubilidad. Ejemplos de formación de precipitados sintéticos y precipitados. Casos en que se produce la evaporación del solvente. Curso de la formación de evaporitas.

**3.2.2-** Sistemas conformados por un sólido en equilibrio con una masa fundida: regla de las fases y diagramas de equilibrio de uno, dos y tres componentes con ejemplos típicos extraídos del proceso de cristalización magmática.

**3.3-** Termodinámica: primer, segundo y tercer principio y sus aplicaciones con ejemplos de interés geológico y geoquímico. Cálculos de parámetros termodinámicos ( $H$ ,  $F$  y  $S$ ) para definir el sentido de una reacción química o de una transformación mineralógica. Campos de estabilidad de minerales y reacciones acopladas en procesos metamórficos.

**3.4-** Electroquímica: Conceptos fundamentales y sus aplicaciones geoquímicas: potencial redox ( $E_h$ ). Valores de  $pH$  y  $E_h$  naturales y campos de estabilidad de especies químicas ( $Fe$ ,  $Mn$ ,  $S$ ) y sus reacciones de equilibrio.

**3.5-** Cristalografía. Especial referencia a tipos de unión química de compuestos cristalinos; regla de la relación de radios y concepto de energía de retículo cristalino. Elementos normales y de transición. Potencial iónico y de ionización. Electronegatividad. Isomorfismo y polimorfismo. Formación de soluciones sólidas y concepto de sustitución diadámica. Clasificación estructural de silicatos y fórmulas químicas de minerales.

**3.6-** Estado coloidal. Clasificación y propiedades de las dispersiones coloidales. Fenómenos de adsorción y mecanismos de estabilidad de los sistemas coloidales.

Es oportuno aclarar que muchos de estos conceptos de Físicoquímica se desarrollan de un modo general en la asignatura "Química General" que se dicta en el primer año de las carreras de esta Facultad, pero en esta asignatura se profundizan en aplicaciones geológicas y geoquímicas específicas.

**4-** Geoquímica de rocas ígneas: Clasificación. Composición química y mineralógica. Origen y evolución magmática. Aplicación de los principios fisicoquímicos: equilibrio y regla de las fases; conceptos cristalográficos y termodinámicos. Leyes de distribución de elementos mayoritarios y trazas. Origen de rocas granitoides y de rocas filonianas.

**5-** Geoquímica de rocas sedimentarias. Clasificación. Composición química y mineralógica. Factores que afectan la estabilidad de los minerales. Factores fisicoquímicos del proceso sedimentario. Reacciones químicas de meteorización. Formación de arcillas y de suelos lateríticos.

**6-** Geoquímica de rocas metamórficas. Clasificación y composición química y mineralógica. Factores fisicoquímicos. Facies metamórficas.

**7-** Fundamentos de Geoquímica Analítica con contenidos específicos de la Química Analítica Cualitativa. En este aspecto la intención es desarrollar nociones elementales a fin de visualizar el comportamiento de cationes y aniones de interés geológico en el laboratorio e identificarlos recurriendo a reacciones simples y directas con



procedimientos que muestran simplificaciones importantes respecto de las clásicas marchas analíticas.

Necesario es destacar que la preocupación mayor al incorporar este tema al programa, es la de impartir al alumno conocimientos firmes respecto del comportamiento de los elementos químicos según las propiedades químicas y fisicoquímicas que caractericen al ambiente, de modo tal que en el contenido del programa analítico deben figurar las reacciones generales con reactivos típicos que definan condiciones variables de pH, potencial redox y presencia de componentes concomitantes. Este aspecto se considera de mucha mayor gravitación que el adquirir destreza en el análisis químico que, con toda seguridad, difícilmente pueda lograrse en un curso de la intensidad y extensión que en esta asignatura pueda impartirse.

Es necesario puntualizar que al inicio de esta parte del curso se imparten al alumnado recomendaciones para proceder con seguridad e higiene en el laboratorio.

**8-** Desarrollo de los principios básicos de Prospección Geoquímica. Este tema resulta el corolario natural de los aspectos anteriormente señalados. Si se quisiera impartir la enseñanza de Prospección Geoquímica al comienzo del curso de Geoquímica, sin previamente haber desarrollado los contenidos globales de esta asignatura, difícilmente el alumno llegara a recibir un conocimiento ordenado y bien fundamentado de los principios generales en que se basa este tema de importancia primaria en el campo de las ciencias aplicadas.

### **Trabajos Prácticos**

#### **Semestre I: Problemas**

- 1- EQUILIBRIO QUÍMICO EN SISTEMAS HOMOGÉNEOS. Resolución de problemas numéricos sobre pH, disociación de ácidos y bases fuertes y débiles y grado de disociación. Cálculo de la constante de equilibrio. Resolución de problemas referentes a soluciones reguladoras y efecto del ion común. Hidrólisis. Aplicaciones de interés geológico.
- 2- EQUILIBRIO QUÍMICO EN SISTEMAS HETEROGÉNEOS. Resolución de problemas de solubilidad y producto de solubilidad. Orden de precipitación. Solubilidad en función de factores fundamentales del medio geológico: pH, temperatura, efecto del ion común y efecto salino.
- 3- ESTEQUIOMETRÍA Y FACTOR GRAVIMÉTRICO. Ejercicios relativos a la determinación de las relaciones estequiométricas. Uso del concepto de factor gravimétrico. Su aplicación a la expresión de resultados.
- 4- FÓRMULAS QUÍMICAS MINERALES. Significado cuantitativo de las fórmulas químicas de los minerales y rocas. Expresión porcentual en elementos y óxidos.
- 5- INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS (I). Procedimiento de cálculo de transformación de la composición química elemental o en óxidos a la fórmula de un mineral.

- 6- INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS (I). Procedimiento de cálculo para la conversión de la composición porcentual de una roca en su composición mineralógica: desarrollo de normas de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.
- 7- DIAGRAMAS DE VARIACIÓN. Construcción de diferentes diagramas de variación. Manejo de variables: composición química porcentual y composición mineral normativa. Análisis de distintos modelos de variación con tendencias evolutivas.
- 8- EQUILIBRIOS DE FASES (I). Aplicación de la regla de las fases a sistemas de uno y dos componentes con ejemplos extraídos fundamentalmente de los procesos de cristalización magmática. Construcción de diagramas de equilibrio. Mezclas eutécticas: con uno o más puntos de fusión congruentes y con puntos de fusión congruente e incongruente, y soluciones sólidas: continuas o con mínimo térmico. Cálculo del grado de libertad y del número de fases.
- 9- EQUILIBRIOS DE FASES (II). Aplicación de la regla de las fases a sistemas de tres componentes, con ejemplos. Diagramas de equilibrio. Cálculo del grado de libertad y del número de fases.
- 10- GEOLOGÍA ISOTÓPICA. Isótopos inestables: tipos de decaimiento isotópico; ecuaciones; dataciones geocronológicas aplicando los sistemas Rb-Sr, K-Ar,  $^{14}\text{C}$ ; ejemplos de transmutaciones nucleares; construcción de isócronas; determinación de relaciones isotópicas. Isótopos estables: cálculo del fraccionamiento isotópico en isótopos estables de oxígeno, hidrógeno, azufre y carbono. Aplicaciones.
- 11- TERMODINÁMICA. Resolución de problemas numéricos y discusión de temas teóricos fundamentales referentes a la primera Ley de la Termodinámica. Entalpía. Calor de reacción y de formación. Resolución de problemas referentes a la segunda Ley de la Termodinámica. Entropía y energía libre. Relación de la constante de equilibrio con la energía libre. Entropía de formación y de reacción.
- 12- ELECTROQUÍMICA. Ejercicios referentes al desarrollo de ecuaciones de óxido-reducción. Cálculos de potenciales normales de electrodos y pilas. Problemas referentes al cálculo de las constantes de equilibrio en función de los potenciales normales. Determinación de relaciones de especies oxidadas a reducidas según condiciones del medio geológico.

#### **Semestre II: Laboratorios**

- 1- CONSIDERACIONES GENERALES. Normas de seguridad e higiene en el laboratorio. Muestreo y tratamiento de muestras sólidas (rocas, sedimentos y suelos), muestras líquidas y gaseosas. Principales métodos de análisis empleados en Geología.
- 2- PRIMER GRUPO DE CATIONES: Separación e identificación de los cationes plata (I), plomo (II) y mercurio (I): comportamiento frente al reactivo general del

grupo, frente a distintas condiciones de pH y frente al reactivo de identificación específico.

- 3- SEGUNDO GRUPO DE CATIONES. Principales reacciones de separación e identificación de los cationes hierro (II), hierro (III), cobalto (II), níquel (II), cobre (II), manganeso (II), mercurio (II): comportamiento frente al reactivo general del grupo, frente a distintas condiciones de pH y frente al reactivo de identificación específico.
- 4- TERCER GRUPO DE CATIONES. Reacciones generales y de identificación de los cationes aluminio (III), estaño (II), estaño (IV), cinc (II) y molibdeno (VI): comportamiento frente al reactivo general del grupo, frente a distintas condiciones de pH y frente al reactivo de identificación específico.
- 5- CUARTO Y QUINTO GRUPO DE CATIONES. Separación e identificación de los cationes calcio (II), estroncio (II), bario (II), amonio, sodio (I), potasio (I) y magnesio (II): comportamiento frente al reactivo general del grupo, frente a distintas condiciones de pH y frente al reactivo de identificación específico.
- 6- IDENTIFICACIÓN DE ANIONES. Caracterización de los principales aniones de interés geológico: carbonatos, sulfuros, sulfatos, cloruros, nitratos, silicatos, fosfatos, boratos y fluoruros.
- 7- ANÁLISIS QUÍMICO CUALITATIVO DE MUESTRA SÓLIDA. Identificación de los componentes catiónicos y aniónicos de una roca. Ataque de la muestra. Aplicaciones de reacciones específicas.

**5- Actividades desarrolladas por la cátedra: seminarios, salidas de campo, viajes de campaña (aunque éstas se encuentren sujetas a las posibilidades económicas), visitas, monografías, trabajos de investigación, extensión universitaria, etc.**

**En caso de que la cátedra realice viajes de campaña, adjuntar su fundamentación pedagógica junto con una breve descripción de las tareas a desarrollar.**

No se realizan actividades de campo pero para realizar el Trabajo Práctico 7 de Laboratorios se emplean muestras que los alumnos han colectado en años previos en el viaje de campo que realizaba la cátedra de Mineralogía.

**6- Metodología de enseñanza/aprendizaje a utilizar en las diferentes actividades de la asignatura y su fundamentación.**

El curso se basa en el dictado de clases teóricas convencionales previo a las correspondientes clases prácticas.

A los fines de lograr la máxima eficiencia didáctica, el dictado de tales clases teóricas se efectúa en 2 encuentros semanales, lunes de 13:00h a 14:30h y jueves de 11:00h a 13:30h, y se desarrolla con técnica expositiva abierta, donde se induce a la participación del alumnado, pudiendo surgir la discusión y la contestación acerca de los temas expuestos. Además, a los efectos de lograr agilización y mejor organización los alumnos cuentan con copias de los esquemas, gráficos, tablas, dibujos, etc., relacionados con el tema a desarrollar. Asimismo se apela al uso de material didáctico



de tipo digital a los fines de ilustrar la exposición. En promedio el desarrollo total del programa analítico de la materia demanda unas 66 horas de clases teóricas, incluyendo los dos semestres.

El programa de **trabajos prácticos** comprende clases de problemas (Semestre I) y prácticas de laboratorio (Semestre II):

### **Semestre I**

En la primera parte resulta indispensable la participación directa y permanente del alumno, ejercitándose en la resolución de problemas numéricos y teóricos para afianzar y autoevaluar los conocimientos adquiridos. Dichos problemas están orientados a la aplicación de principios fundamentales a situaciones o casos problemáticos que reflejan una realidad concreta.

El número de alumnos que asisten en la actualidad supera el centenar. La totalidad del alumnado es dividida en dos comisiones. En cada una de ellas se forman grupos de igual número de estudiantes por mesada, de modo tal que cada grupo así conformado pueda ser asistido por un profesor o por un auxiliar docente con la mayor eficiencia posible, lo que facilita la participación activa de todo el alumnado. En tales sesiones, el empleo de la dinámica de grupos reducidos, permite el interrogatorio individual en cada clase de problemas. Cada docente atiende a un grupo diferente en las sucesivas clases, incrementándose así las posibilidades de evaluar más acabadamente el aprendizaje de los contenidos impartidos.

Para aumentar la cantidad de problemas que sirven de práctica a la hora de preparar un examen parcial se han adicionado problemas anexos a la mayoría de los temas desarrollados en los trabajos prácticos.

### **Semestre II**

En clases de trabajos prácticos de laboratorio se brindan al alumno todos los recursos disponibles para que adquiera habilidades experimentales en el empleo de materiales específicos y puedan cumplirse los objetivos establecidos, atendiendo particularmente a las recomendaciones de seguridad e higiene en el laboratorio. A los efectos de una mejor organización y eficiencia en el desarrollo de los mismos, al comienzo del curso, se hace entrega a grupos de 4 ó 5 estudiantes de un cajón conteniendo todo el material que se necesita para llevar a cabo el trabajo práctico. Cada grupo se hace responsable de mantener y devolver en condiciones todo el material suministrado.

Importante es destacar que todos los temas comprendidos en el programa de trabajos prácticos son desarrollados previamente en las clases teóricas, de modo tal que el estudiante cuente para preparar los mismos con material didáctico suficiente, conformado también por una guía de trabajos prácticos conteniendo las bases esenciales de los temas que se desarrollan en las clases de problemas y de laboratorio, así como una bibliografía específica y una exposición previa resumida del personal docente auxiliar.

## **7- Recursos materiales necesarios para el dictado de la materia**



Los materiales didácticos utilizados tanto en clases teóricas como en los trabajos prácticos son variados: tiza y pizarrón, presentaciones en Power Point, bibliografía, fotocopias de gráficos, tablas y figuras dictados durante las clases teóricas, guías de trabajos prácticos tanto de clases de laboratorio como de problemas e instrumental de laboratorio.

### **8- Formas y tipo de evaluación: cantidad de parciales, otros.**

A través de la evaluación se trata de definir el nivel del alumnado en aspectos tales como: participación en clase, juicio crítico demostrado en el análisis de situaciones y grado de alcance de los objetivos propuestos.

Para cumplimentar todo esto se lleva a cabo en el desarrollo del curso regular de la materia una evaluación global que resulta de la suma de diversas evaluaciones:

- Semestre I: Dos exámenes parciales, escritos, uno al promediar y otro al finalizar la serie de trabajos prácticos correspondientes a las clases de problemas, con posibilidad de ser recuperados en dos oportunidades cada uno (en total tres fechas cada parcial).
- Semestre II: Evaluación diaria del tipo de interrogatorio escrito durante las clases en que se desarrollan los trabajos prácticos de laboratorio.
- Examen final que consiste en una evaluación de los aspectos prácticos seguida de la evaluación de la teoría propiamente dicha.

### **9- Bibliografía a utilizar (básica y complementaria, por unidad temática).**

- 1- Ahrens, L. H. (1968) "Origin and distribution of the Elements". International series. (Bolilla 1 y 9).
- 2- Appelo, C., Postma, D., 2005. Geochemistry, Groundwater and Pollution, second ed. Balkema Publishers (Bolilla 9 a 11 y Bolillas 15 y 16).
- 3- Bard, A. J. (1970). "Equilibrio Químico". Harper y Row Publishers Inc. New York. (Bolilla 3 y 4).
- 4- Barnes, H. L. Ed. (1967). "Geochemistry of Hidrotermal ore deposits". Holt, Rinehart and Winston, Inc. (Bolilla 9)
- 5- Barrow, G. M. (1968). "Química Física". Ed. Reverté. S.A.- Barcelona. (Bolilla 1, 2, 3, 5, 8 y 11).
- 6- Brown, Theodore L.; Le May, jr., H. Eugene; Murphy, Catherine J. Química: La ciencia central. México, MX: Pearson Educación, 2009.
- 7- Brownlow, A. H. (1996). "Geochemistry". Prentice – Hall, Inc. New Jersey. (Bolillas 1a 18).
- 8- Buriel, F.; Lucena, F. y Arribas, S. (1963). "Química Analítica Cualitativa". Ed. Paraninfo. Buenos Aires. (Bolillas 19 a 22).
- 9- Chang, R. (2002). "Química" Séptima Edición. Mc Graw Hill. (Bolillas 1 a 5).
- 10- Charlot, G.; Beizer, D. y Gaugin, R. (1954). "Rapid detection of cation" Chemical Publishing Comp. Inc. New York. (Bolillas 19 a 22).
- 11- Degens, E. T. (1965). "Geochemistry of sediments: a brief survey". D. Van Nostrand Comp. Inc. New York. (Bolillas 10 a 12).
- 12- Ehlers, E. G. (1972). "The interpretation of geological phase diagrams". Freeman. U.S.A. (Bolilla 8).



- 13- Faure, G. (1977). "Principles of Isotope Geology". John Wiley and Sons. U.S.A. (Bolilla 6).
- 14- Faure, Gunter, (1991). "Principles and applications of Inorganic Geochemistry". Macmillan Publishing Company, New York. (Bolillas 1 a 18).
- 15- Fyfe, W. S. (1964). "Geochemistry of solids- An Introduction". Mc Graw Hill Book Company. (Bolilla 2)
- 16- Garrels, M. R. (1965). "Minerals, Solutions and Equilibria". Harper y Row Publishers Inc. New York. (Bolilla 8).
- 17- Gill, R (1996). "Chemical Fundamentals of Geology". Chapman & Hall. England. (Bolillas 2 a 5)
- 18- Gilreath, E. (1960). "Análisis cualitativo". Ed. Del Atlántico S. A. Buenos Aires. (Bolillas 19 a 22).
- 19- Glasstone, S. (1950) "Elementos de Físico- Química". De "Médico- Quirúrgica", Buenos Aires. (Bolilla 5).
- 20- Goldschmidt, V. M. (1954). "Geochemistry". Claredos Press. Oxford. (Bolillas 1a 18).
- 21- Hawkes, H. E. y webb, J. S. (1962). "Chemistry in Mineral Exploration". Harper y Row Publishers Inc. New York. (Bolilla 16).
- 22- Henderson, P. (1984). "Inorganic Geochemistry". Pergamon Press. Gran Bretaña. (Bolillas 1a 18).
- 23- King, E. (1959). "Qualitative Analysis and Electrolytic Solutions". Harcourt Brace and World, Inc. New York. (Bolillas 19 a 22).
- 24- Krauskopf, K. B. (1967). "Introduction to Geochemistry". Mc Graw Hill Co. New York. (Bolillas 1a 16).
- 25- Krauskopf, K. B. y Bird, D. K. (1995). "Introduction to Geochemistry". Mc Graw Hill Co. New York. (Bolillas 1 a 18).
- 26- Kreiter, V. M. (1968). "Geological prospecting and exploration". Mir Publishers- Moscow. (Bolilla 23).
- 27- Mahan, B. H. (1968). "Química- Curso Universitario" "University Chemistry" (edición bilingüe). Fondo Educativo Interamericano, S.A. (Bolillas 1 a 5).
- 28- Mason, B. (1960) "Principios de Geoquímica". Ed. Omega, Barcelona. (Bolillas 1 a 18).
- 29- Merkel, Broeder J.; Planer-Friedrich, Britta (2008). Groundwater Geochemistry - A practical guide to modeling of natural and contaminated aquatic systems -2<sup>nd</sup> edition. Edited by Darrell Kirk Nordstrom. Ed.Springer. [http://books.google.com.ar/books?id=PFTX\\_Fpf7MsC&printsec=frontcover&dq=Merkel,+2008&hl=es&sa=X&ei=VVtXT5L6H4KltwehwdHVDg&ved=0CDCQ6AEwAQ](http://books.google.com.ar/books?id=PFTX_Fpf7MsC&printsec=frontcover&dq=Merkel,+2008&hl=es&sa=X&ei=VVtXT5L6H4KltwehwdHVDg&ved=0CDCQ6AEwAQ) (Bolillas 15 y 16).
- 30- Mook w. G. 2000. Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico. Principios y Aplicaciones. Centro de Investigación Isotópica Groningen, Países Bajos. (Bolilla 14)
- 31- Mortimer, Charles E. **Química**. México, MX: Grupo Editorial Iberoamérica, 1983.
- 32- O'Nions, R. K. (1979). "Geochemical and Cosmochemical Applications of Nd-Isotope Analysis". An. Rev. Earth Planet, Sc. 7, 11-38 (Bolillas 1 y 6).
- 33- Ottonello G. (1997). Principles of Geochemistry. Columbia University Press / New York. (Bolillas 1 a 18).

- 34- Pauling, Linus. Química general: Una introducción a la química descriptiva y a la moderna teoría química. Madrid, ES: Aguilar, 1971
- 35- Rankama, K. y Sahama, G. (1962). "Geoquímica". Ed. Aguilar, Madrid. (Bolillas 1 a 18).
- 36- Richardson, S. y Mc Sween, H. (1989). "Geochemistry: pathways and processes". Prentice-Hall, Inc. New Jersey. (Bolilla 9)
- 37- Ringwood, A. E. (1979). "Origin of the Earth and the Moon". Springer- Verlag. (Bolilla 1).
- 38- White, W. M. (2005). "Geochemistry". (Bolillas 1 a 18).
- 39- Whitten, K. W. y Gailey, K. D. (1990). "Química General". Mc Graw Hill Co. New York. (Bolillas 1 a 5).
- 40- Whitten, Kenneth W.; Gailey, Kenneth W.; Davis, Raymond E. Química general. México, ES: McGraw-Hill Interamericana, 1992
- 41- Wood, B. J. y Fraser, D. G. (1978) "Elementary Thermodynamic for Geologist". Univ. Press. Oxford. (Bolilla 4).

Para la formulación de algunos Trabajos Prácticos se utilizan trabajos publicados en revistas tales como la Revista de la Asociación Geológica, y en actas de diversos congresos. Todo ese material está a disposición del alumnado en la página web y/o en papel.

**10- Duración de la materia y cronograma con la distribución del tiempo para cada actividad (incluir todas las indicadas en el punto 5) y responsables de cada una.**

**CLASES TEÓRICAS:**

<u>Cantidad de clases</u>	<u>Bolilla</u>	<u>Responsable</u>
1	Clase inaugural	Prof. Titular
4	1: Introducción	Prof. Titular
4	2: Cristalografía	Prof. Titular
2 (en horario de TP)	3: Equilibrio en sistemas homogéneos	Prof. Adjunto
1 (en horario de TP)	4: Equilibrio en sistemas heterogéneos	Prof. Adjunto
2	5: Termodinámica	Prof. Titular
2	6: Geoquímica de rocas Ígneas (I)	Prof. Titular
3	7: Geoquímica de rocas Ígneas (II)	Prof. Titular
2	8: Geoquímica de rocas Ígneas (III)	Prof. Titular
2	9: Geoquímica de rocas Sedimentarias (I)	Prof. Titular
3	10: Geoquímica de rocas Sedimentarias (II)	Prof. Titular
3	11: Geoquímica de rocas Sedimentarias (III)	Prof. Titular
2	12-13: Geoquímica de rocas Metamórficas (I)	Prof. Adjunto

1	13: Geoquímica de rocas Metamórficas(II)	Prof. Adjunto
3	14: Geología Isotópica	JTP y Prof. Adjunto
1	15:Hidrosfera	Prof. Adjunto
1	16:Hidrosfera	Prof. Adjunto
1	17: Atmósfera	Prof. Titular
1	18: Biósfera	Prof. Titular
2	19: Geoquímica Analítica (I)	Prof. Titular
2	20: Geoquímica Analítica (II)	Prof. Titular
1	21: Geoquímica Analítica (III)	Prof. Titular
1	22: Geoquímica Analítica (IV)	Prof. Titular
2	23: Prospección Geoquímica	Prof. Adjunto

## TRABAJOS PRÁCTICOS:

### 1<sup>er</sup> Semestre

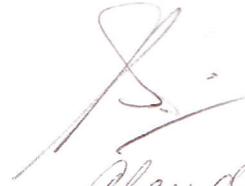
Trabajo Práctico
TP 1
TP 2
TP 3
TP 4
TP 5
TP 6
TP 7
Consulta 1º Parcial
1º Parcial – 1º Fecha
TP 8
TP 9
1º Recuperatorio- 1º Parcial
TP 9/10
2º Recuperatorio- 1º Parcial
TP 10
TP 11
TP 11
TP 12
Consulta 2º Parcial
2º Parcial – 1º Fecha

**11- En los casos en que la cátedra realice alguna tarea de autoevaluación periódica acerca del alcance de los objetivos propuestos, indicar metodología y frecuencia. Se solicita describir brevemente en hoja aparte la utilización de los resultados.**

La cátedra de Geoquímica realiza una tarea de autoevaluación de los Trabajos Prácticos al finalizar dicho curso, a través de una encuesta anónima dirigida a los alumnos.



En la misma se indaga sobre la dificultad de comprensión de los temas desarrollados durante el año, el grado de suficiencia del material suministrado, la necesidad o el interés de aprender otros temas, los sistemas de evaluación, el desempeño docente y, además, se les solicitan sugerencias.

  
Claudia C.  
Carrozzi