

FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

## **RESOLUCIÓN Nº 425**

**SANTA ROSA, 05 de Octubre de 2018.-**

### **VISTO:**

El Expte. Nº 582/18, iniciado por el Dr. Gustavo Walter BERTOTTO, s/eleva programa de la asignatura “Geoquímica” (Licenciatura en Química – Plan 2012); y

### **CONSIDERANDO:**

Que el docente Dr. Gustavo Walter BERTOTTO, a cargo de la cátedra “Geoquímica”, que se dicta para la carrera Licenciatura en Química, eleva programa de la citada asignatura para su aprobación a partir del ciclo lectivo 2018.

Que el mismo cuenta con el aval del Dr. José CAMIÑA, docente de espacio curricular afín, y el de la Mesa de Carrera de la Licenciatura en Química.

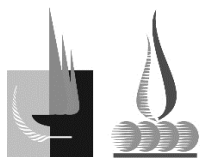
Que en la sesión ordinaria del día 04 de octubre de 2018, el Consejo Directivo aprobó por unanimidad, el despacho presentado por la Comisión de Enseñanza.

### **POR ELLO:**

## **EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1º:** Aprobar el Programa de la asignatura “Geoquímica” correspondiente a la carrera Licenciatura en Química (Plan 2012), a partir del ciclo lectivo 2018, que como Anexos I, II, III, IV, V, VI y VII forma parte de la presente Resolución.

**ARTÍCULO 2º:** Regístrese, comuníquese. Dése conocimiento a Secretaría Académica, a los Departamentos Alumnos, de Química, al Dr. Gustavo W. BERTOTTO y al CENUP. Cumplido, archívese.



FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

CORRESPONDE AL ANEXO I DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

## ANEXO I

DEPARTAMENTO DE: Química

ASIGNATURA: GEOQUÍMICA

CARRERA - PLAN: Licenciatura en Química - Plan 2012.

CURSO: Quinto año - Segundo cuatrimestre.

RÉGIMEN: Cuatrimestral

CARGA HORARIA: Teóricos: 3 horas semanales

Prácticos: 4 horas semanales

CICLO LECTIVO: 2018 en adelante

EQUIPO DOCENTE DE LA CÁTEDRA:

Profesor Adjunto, dedicación Simple, Dr. Gustavo Walter Bertotto

Jefe de Trabajos Prácticos, dedicación Simple, Esp. Mónica Adriana Pires

Ayudante de Primera, ad-Honorem, Dr. Alexis Daniel Ponce

### **Fundamentación:**

La Geoquímica es una disciplina científica destinada a establecer, desarrollar y aplicar los principios físico-químicos que permitan explicar de un modo general el comportamiento de los componentes químicos en los medios naturales.

En la segunda mitad del siglo veinte la Geoquímica ha prosperado en el enfoque cuantitativo que ha dominado las ciencias de la Tierra. Este enfoque ha causado avances más grandes en el conocimiento de nuestro planeta en los últimos 50 años que en toda la historia humana previa.



## CORRESPONDE AL ANEXO I DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

Para comprender la dimensión que han tenido las contribuciones de la Geoquímica a este avance, basta citar algunos ejemplos: gran parte de lo que se conoce sobre cómo se formaron la Tierra y el sistema solar ha surgido por investigaciones sobre las propiedades químicas de meteoritos; a través de la Geoquímica es posible cuantificar la escala del tiempo geológico y se pueden determinar profundidades y temperaturas de formación de magmas, entre otros. La geoquímica está estrechamente vinculada con las ciencias ambientales, problemas como la lluvia ácida, el agujero en la capa de ozono, el efecto invernadero y la contaminación del agua son cuestiones concernientes a esta disciplina. El abordaje de estas temáticas requiere conocimientos básicos de geoquímica los que se pretenden inculcar durante el dictado de la asignatura.

La Geoquímica, de la misma manera que gran parte de la ciencia, es impulsada por la tecnología. La tecnología ha dado herramientas cada vez más potentes a los geoquímicos modernos, las que permiten estudiar la Tierra de formas impensadas años atrás. Los instrumentos para el análisis químico han sido fundamentales no sólo para las investigaciones realizadas en nuestro planeta sino también en otros cuerpos celestes, por ejemplo Marte. Se abordarán durante el dictado de la asignatura, los principales métodos geoquímicos de análisis y sus aplicaciones.

### **Objetivos**

Con la presente propuesta de desarrollo, se pretende que los alumnos se introduzcan al conocimiento de la Geoquímica y puedan comprender la distribución y migración de los diferentes elementos químicos presentes en los distintos subsistemas de la Tierra y sus vinculaciones. Si bien una parte de los contenidos está relacionada a los procesos físico-químicos básicos, se pondrá énfasis en la discusión de ejemplos geológicos sobre la base de aquellos.

Respecto al enfoque metodológico, se tratará de que los alumnos a través de los trabajos prácticos, puedan resolver situaciones problemas, con el fin de que adquieran, al comienzo, una visión global de la composición de la Tierra para luego trabajar en forma analítica los distintos procesos y componentes químicos.

El proceso de enseñanza-aprendizaje, tendrá un enfoque hacia la experiencia directa del estudiante a través de las actividades programadas (gabinete, trabajos prácticos y viajes de campo) y puede dividirse en dos grandes objetivos: a) generales y b) específicos.



## CORRESPONDE AL ANEXO I DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

### **a) Objetivos Generales**

-Objetivo Conceptual: Que los alumnos adquieran los conocimientos necesarios para la comprensión del comportamiento de los elementos químicos en los subsistemas de la Tierra durante los diferentes procesos geológicos.

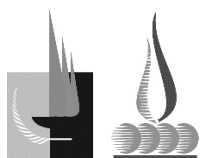
-Objetivo Procedimental: Que los alumnos adquieran habilidades y destrezas a través de metodologías de trabajo de gabinete y campo, para resolver situaciones problemáticas concretas vinculadas a procesos geoquímicos.

-Objetivo Actitudinal: Que los alumnos adquieran actitudes críticas, de responsabilidad, compromiso y solidaridad durante el proceso de enseñanza-aprendizaje y en su visión de los procesos naturales.

### **b) Objetivos Específicos:**

Que los alumnos adquieran conocimientos sobre:

- La distribución y abundancia de los elementos químicos en el cosmos y su relación con la Tierra.
- Las características composicionales de las distintas geoesferas terrestres.
- Las principales metodologías analíticas actuales en geoquímica y su aplicación.
- Los aspectos referidos al comportamiento de los elementos químicos en las rocas, sedimentos, suelos, agua y la interacción entre ellos.
- El procesamiento, la interpretación y utilización de los datos obtenidos en el curso de un estudio geoquímico.



FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

## CORRESPONDE AL ANEXO II DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

### **ANEXO II**

ASIGNATURA: GEOQUÍMICA

CICLO LECTIVO: 2018 en adelante

### **PROGRAMA ANALÍTICO**

#### **Tema 1. Introducción.**

Objetivos de la materia. Importancia de la geoquímica en las ciencias geológicas. Elementos químicos de importancia geológica. Elementos mayoritarios y trazas. Isótopos. Clasificación geoquímica de los elementos. Procesos que controlan la composición química de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Controles en la distribución de elementos trazas.

#### **Tema 2. Métodos analíticos en Geoquímica.**

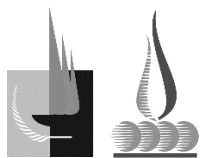
Tipos de muestras: condiciones de muestreo y su representatividad. Técnicas de preparación previas al análisis. Introducción a los métodos de análisis geoquímico: fluorescencia de rayos X, microsonda electrónica, espectrofotometría, espectroscopía de emisión, absorción atómica, plasma inductivamente acoplado y espectrometría de masa. Metodología y aplicaciones. Criterios de elección de técnicas analíticas según el objeto de estudio.

#### **Tema 3. Composición química del universo.**

Cosmoquímica: nucleosíntesis, composición del sistema solar, formación de la Tierra. Abundancia cósmica de los elementos. Diferenciación geoquímica en el sistema solar. Meteoritos. Tipos y composición. Su relación con el origen de la Tierra. Utilidad del conocimiento geoquímico sobre meteoritos en relación a los procesos petrogenéticos.

#### **Tema 4. Procesos de diferenciación en la Tierra.**

Modelos acrecionales. Composición y diferenciación química de la Tierra: formación del núcleo y manto primitivo, formación de la corteza y de las geosferas fluidas (hidrosfera y atmósfera). Composición y evolución geoquímica del manto y de la corteza terrestre.



FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

## CORRESPONDE AL ANEXO II DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

### **Tema 5. Isótopos estables.**

Principales sistemas de isótopos estables (O, C, H y S). Fraccionamiento isotópico: intercambio isotópico, efectos cinéticos y otros factores que generan fraccionamiento. El factor de fraccionamiento y su dependencia con la temperatura. Aplicaciones.

### **Tema 6. Isótopos radioactivos.**

Aplicación en geocronología. Mecanismos de decaimiento radioactivo. Principios de datación radimétrica. Métodos radimétricos. Cálculos de isócronas y relaciones iniciales. Concepto de temperatura de cierre del sistema isotópico. Edades modelo. Isótopos radioactivos utilizados en petrogénesis. Reservorios isotópicos. Valores isotópicos de referencia de los reservorios terrestres. Notación épsilon. Aplicaciones.

### **Tema 7. Geoquímica de rocas ígneas.**

Generación de magmas. Fusión del manto peridotítico. Fusión de la corteza continental. Procesos de diferenciación. Cristalización fraccionada. Series de rocas. Asociaciones petrotectónicas. Magmatismo en dorsales oceánicas. Magmatismo relacionado a plumas mantélicas. Magmatismo en zonas de subducción: arcos de islas y márgenes continentales activos. Granitos colisionales. Magmatismo en rift continentales.

### **Tema 8. Geoquímica de las fases finales de diferenciación magmática.**

Pegmatitas. Procesos de formación. Solubilidad del agua en fundidos silicáticos. Ebullición retrógrada. Temperatura y presión crítica. Procesos de concentración de elementos traza de valor económico. Relación con la temperatura y presión. Soluciones hidrotermales: origen y evolución. Zonación geoquímica de los depósitos hidrotermales.

### **Tema 9. Geoquímica de rocas sedimentarias.**

Clasificación geoquímica de sedimentos. Meteorización química. El potencial de meteorización. Potencial iónico y clasificación geoquímica de los elementos en el ciclo exógeno. Ambiente de depositación con relación a los parámetros Eh - pH. Formación de arcillas y de lateritas. Sedimentos carbonáticos y silíceos. Diagénesis.



## CORRESPONDE AL ANEXO II DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

### **Tema 10. Geoquímica de las rocas metamórficas.**

Definiciones. Causas del proceso y tipos de metamorfismo: regional, de contacto y en zonas de falla. Composición química y mineralógica. Asociaciones minerales en equilibrio. Diagramas composicionales. Reacciones metamórficas. Geotermómetros y geobarómetros.

### **Tema 11. Prospección Geoquímica.**

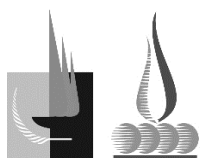
Objetivos. Ambientes geoquímicos. Asociaciones y dispersiones de elementos. Migración. Importancia de los conceptos de fondo, umbral, anomalías. Dispersión primaria y secundaria. Métodos de prospección geoquímica. Selección de áreas. Tratamientos estadísticos de datos geoquímicos.

### **Tema 12. Hidrósfera y atmósfera.**

Origen y evolución de la hidrósfera. Características geoquímicas de reservorios de la hidrósfera: océanos, aguas continentales (lagos, ríos y glaciares), aguas subterráneas. Características geoquímicas de las aguas meteóricas. Génesis y evolución de los océanos. Ejemplos de evaporitas: evaporación del agua de mar. Composición química de la atmósfera: componentes constantes y variables. Tropósfera, estratósfera e ionósfera. Génesis y evolución de la atmósfera: atmósfera primordial, adiciones y pérdidas atmosféricas.

### **Tema 13. Biosfera.**

Naturaleza, masa y composición de la biosfera. Materia orgánica sedimentaria. Depósitos biogénicos. Origen del carbón y de hidrocarburos. Ciclo geoquímico del carbono.



FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

## CORRESPONDE AL ANEXO III DE LA RESOLUCIÓN Nº 425/18

### **ANEXO III**

ASIGNATURA: GEOQUÍMICA

CICLO LECTIVO: 2018 en adelante

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### Bibliografía básica

ALBAREDE, F., 2009. Geochemistry, an introduction. Segunda Edición, Cambridge University Press, 342 p.

BEST, M., 2003. Igneous and metamorphic petrology. Segunda Edición. Blackwell, Malden MA, 729 p.

CONDIE, K.C., 2005. Earth as an evolving Planetary System. Elsevier, 447 p.

ROLLINSON, H., 1993. Using geochemistry data: evaluation, presentation, interpretation. Longman scientific & technical. John Wiley & Sons, 352 p.

WHITE, W.M. Geochemistry. Libro online descargado de:

<http://www.geo.cornell.edu/geology/classes/geo455/Chapters.HTML>

WINTER, J.D., 2009. An introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. 2ª Edición. Prentice Hall, New Jersey (USA), 720 p.

#### Bibliografía complementaria

BARNES, H., 1997. Geochemistry of hidrothermal ore deposits. Tercera Edición. John Wiley and Son, 974 p.

BUCHER, K. y GRAPES, R., 2011. Petrogenesis of metamorphic rocks. 8ª Edición. Springer-Verlag, Berlín, 428 p.

DICKIN, A., 2005. Radiogenic isotope geology. Segunda Edición. Cambridge University Press, 512 p.

FAURE, G., 1997. Principles and applications of inorganic geochemistry. Segunda Edición. Prentice Hall, 625 p.



## CORRESPONDE AL ANEXO III DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

- GILL, R., 1996. Chemical fundamentals of Geology. Segunda Edición. Chapman & Hall, 290 p.
- HOEFS, J., 2009. Stable isotope geochemistry. Sexta Edición. Springer, 285 p.
- HOLLAND, H. y TUREKIAN, K., (Editors-in-Chief) 2014. Treatise on Geochemistry. Segunda Edición. Elsevier, 15 volúmenes, 9144 p.
- KRAUSKOPF, K. y BIRD, D., 1994. Introduction to Geochemistry. Tercera Edición. McGraw-Hill, 640 p.
- LANGMUIR, D., 1997. Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall, 602 p.
- POTTER, P., MAYNARD, J.B. y DEPETRIS, P., 2005. Mud and mudstones. Springer Verlag, 297 p.
- ROBB, L., 2005. Introduction to ore-forming processes. Blackwell Publishing, 378 p.
- ROLLINSON, H., 2007. Early Earth Systems. Blackwell Publishing, 285 p.
- SCASSO, R.A. y LIMARINO, C.O., 1997. Petrología y diagénesis de rocas clásticas. Asociación Argentina de Sedimentología, Publicación Especial N° 1, 257 p.
- TATSUMI, Y., 2005. The subduction factory: How it operates in the evolving Earth. GSA Today, 15(7): 4-10.
- WILSON, M., 1989. Igneous Petrogenesis. Springer, 466 p.



CORRESPONDE AL ANEXO IV DE LA RESOLUCIÓN Nº 425/18

## **ANEXO IV**

ASIGNATURA: GEOQUÍMICA

CICLO LECTIVO: 2018 en adelante

### **PROGRAMA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

#### **Trabajo Práctico Nº 1: Cristalografía.**

Análisis y determinación de los distintos enlaces químicos presentes en los minerales.

#### **Trabajo Práctico Nº 2: Fórmula química de minerales.**

Descomposición en óxidos. Cálculo de los porcentajes de los elementos a partir de la fórmula química de minerales puros. Cálculo de la fórmula química a partir de los porcentajes de los elementos. Interpretación de análisis. Determinación de la fórmula química de un mineral a partir de su composición porcentual en peso de óxidos.

#### **Trabajo Práctico Nº 3: Muestreo y Preparación de muestras para análisis químicos.**

Objetivos e importancia del muestreo. Control del muestreo y de los análisis químicos, errores. Calidad de los datos. Preparación de muestras sólidas para análisis químico. Métodos de concentración de minerales. Equipamiento.

#### **Trabajo Práctico Nº 4: Formación del manto y núcleo terrestre.**

Cálculo de la composición del manto primitivo por sustracción de la composición promedio de la corteza y del núcleo, a partir de un meteorito condrítico medio. Contenido de potasio en el manto y núcleo terrestre. Cálculo del contenido de K del manto asumiendo que el núcleo tiene una pequeña cantidad de K.

#### **Trabajo Práctico Nº 5:**

Tratamiento de análisis químicos de isótopos estables. Cálculo de valores de  $\delta$  en diferentes sistemas (O, H, C, S).



## CORRESPONDE AL ANEXO IV DE LA RESOLUCIÓN Nº 425/18

### **Trabajo Práctico Nº 6:**

Tratamiento de análisis químicos de isótopos radiactivos. Construcción de isocronas. Cálculos de edades. Determinación de relaciones isotópicas.

### **Trabajo Práctico Nº 7:**

Tratamiento de análisis químicos de elementos mayoritarios en rocas ígneas. Clasificación química de rocas, IUGS-Norma CIPW-TAS. Análisis de diagramas de variación.

### **Trabajo Práctico Nº 8:**

Tratamiento de análisis químicos de elementos traza en rocas ígneas. Análisis del comportamiento de los elementos de tierras raras. Gráficos multielementos. Normalización de elementos traza. Utilización de elementos traza como discriminantes tectónicos.

### **Trabajo Práctico Nº 9:**

Tratamiento de análisis químicos de rocas sedimentarias. Cálculo de índices de meteorización química. Uso de datos químicos como indicadores de procedencia.

### **Trabajo Práctico Nº 10:**

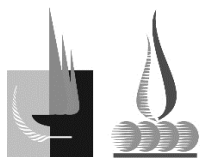
Geotermómetros y geobarómetros en rocas metamórficas.

### **Trabajo Práctico Nº 11:**

Tratamiento estadístico de datos geoquímicos aplicados a la prospección minera.

### **Trabajo Práctico Nº 12:**

Tratamiento de análisis químicos de muestras de agua. Análisis del comportamiento de los iones mayoritarios. Utilización de datos químicos como indicadores de calidad de agua.



FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

## CORRESPONDE AL ANEXO V DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18

### ANEXO V

ASIGNATURA: GEOQUÍMICA

CICLO LECTIVO: 2018 en adelante

#### ACTIVIDADES ESPECIALES QUE SE PREVÉN

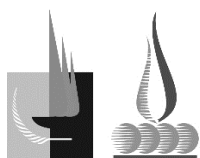
Los alumnos participarán en dos tipos de actividades especiales que complementan aquellas realizadas durante las clases teóricas y prácticas, a saber: lectura y exposición de artículos científicos, y viaje de aplicación práctica.

**1) Lectura y exposición de artículos científicos.** Se proporcionarán artículos científicos relacionados con temas desarrollados previamente en las clases, para que los alumnos lean, interpreten y expongan ante el resto del curso en un tiempo acotado. Se debatirán las metodologías empleadas y los resultados obtenidos.

**2) Viaje de aplicación práctica.** El mismo es de carácter obligatorio y se realizará preferentemente en el último mes de la cursada. Los alumnos deberán presentar un informe conteniendo las actividades desarrolladas.

Sus objetivos se detallan a continuación:

- Plantear y planificar la ejecución de un trabajo de campo y laboratorio en el área de la Geoquímica.
- Trabajar con el material bibliográfico y cartográfico sobre la zona a visitar, a fin de decidir los sitios más adecuados para desarrollar las actividades.
- Práctica de la metodología de muestreo de rocas.
- Práctica de laboratorio en donde serán analizadas las rocas colectadas en el trabajo de campo.



FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

**Universidad Nacional de La Pampa**

**CORRESPONDE AL ANEXO VI DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18**

## **ANEXO VI**

ASIGNATURA: GEOQUÍMICA

CICLO LECTIVO: 2018 en adelante

### **PROGRAMA DE EXAMEN**

El programa de examen se corresponde con el programa analítico.



**CORRESPONDE AL ANEXO VII DE LA RESOLUCIÓN N° 425/18**

## **ANEXO VII**

ASIGNATURA: GEOQUÍMICA

CICLO LECTIVO: 2018 en adelante

### **METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y/O OTROS REQUERIMIENTOS**

El alumno deberá aprobar dos evaluaciones parciales escritas o sus respectivos recuperatorios (o el recuperatorio adicional) y los informes de las actividades especiales (lectura y exposición de artículos científicos, viaje de aplicación práctica). La materia cursada, se aprueba a través de una evaluación final en los turnos de exámenes correspondientes. El sistema de evaluación se ajustará al Reglamento de cursada vigente (actualmente corresponde al aprobado según Resolución CD 366/2017).