

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

—•••••—

PROGRAMAS

—•••••—

AÑO 2012

Cátedra de GEOQUÍMICA AVANZADA

Profesor DR. RAFAEL CARLOS



PROGRAMA DE LA MATERIA GEOQUÍMICA AVANZADA

Licenciatura en Geoquímica

1- Encabezado

Universidad: Universidad Nacional de La Plata

Facultad: Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Nombre de la asignatura: Geoquímica Avanzada

Tipo de régimen: anual, modalidad tradicional

Carga horaria total (*): 95 horas aproximadamente, 60 horas teóricas y 35 de clases prácticas. Dos horas semanales de clases teóricas y una hora y media de clases prácticas. (*) A los tiempos totales y semanales hay que sumar los seminarios con docentes externos, visitas a laboratorios (CIG y ^{14}C), prácticas de campo y redacción de monografía obligatoria, de duración difícil de estimar.

Nombre del Profesor Titular: Dr. Carlos W. Rapela

Nombre del Profesor Adjunto: Lic. Claudia M. Merodio

Mails de contacto: crapela@cig.museo.unlp.edu.ar

clau_merodio@yahoo.com.ar

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.

Materia anual de especialización en geoquímica inorgánica y algunos temas de geoquímica orgánica; obligatoria para alumnos de cuarto y quinto año de la Licenciatura en Geoquímica u optativa para el doctorado en Geoquímica o Geología. En el primer semestre, dedicado a la geoquímica endógena, la corteza terrestre es el objeto principal de investigación. El desarrollo de la materia trata aquí la teoría fundamental de equilibrios de fase en sistemas de tres y cuatro componentes, los factores fisicoquímicos que controlan la distribución en rocas ígneas y metamórficas, el modelado matemático de elementos mayoritarios y trazas en la corteza, la discriminación geoquímica del ambiente tectónico y la geoquímica isotópica de diversos sistemas. El segundo semestre se focaliza en la geoquímica exógena, abordándose el estudio de los procesos geoquímicos vinculados a las rocas sedimentarias, suelos, la hidrósfera y la atmósfera. El desarrollo de la materia trata el estudio de los factores físico-químicos de los procesos sedimentarios, así como

inferencias geoquímicas sobre el origen del material sedimentario y el ambiente tectónico de depositación. El estudio del suelo, la hidrósfera y la atmósfera comprende la descripción de sus características naturales, los procesos físico-químicos que controlan su composición, así como las alteraciones debido a la incorporación de compuestos de origen antrópico. Se presentan los principales grupos de contaminantes ambientales inorgánicos y orgánicos, enfocándose especialmente en el estudio de las propiedades físico-químicas que determinan su comportamiento, que en conjunto con el ambiente geoquímico definirán su destino ambiental. Se incluye de esta manera ciertos aspectos de la geoquímica orgánica y ambiental.

Esta materia, correspondiente a 5º año de la carrera de Geoquímica tiene como fin profundizar los conocimientos sobre los procesos geoquímicos endógenos y exógenos cuyos principios básicos son dictados en la materia Geoquímica, de 2º año de las carreras de Geología y Geoquímica, atendiendo a la especialización de la orientación.

Tratándose de una materia de 5to. año, se requieren conocimientos previos de matemática, mineralogía (Mineralogía) química inorgánica (Introducción a la Química), de geoquímica (Geoquímica de 2do año) y petrología de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias (Petrología y Sedimentología). En forma horizontal, se requiere conexión con Geoquímica Analítica, con la cual se complementa en el aprendizaje de técnicas analíticas de materiales específicos.

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

Los objetivos generales de la materia consisten en la descripción crítica de los ambientes geológicos y geoquímicos y los fenómenos naturales que en ellos se desarrollan, con una permanente referencia a los principios fisicoquímicos que permiten explicar el comportamiento de los elementos y los diferentes modelos del ciclo geoquímico.

De esta manera se busca que el alumno aprenda, a partir del tratamiento de datos físico-químicos, a realizar inferencias geoquímicas sobre los distintos ambientes o los procesos geológicos actuantes, como por ejemplo: origen y fraccionamiento de los distintos magmas, discriminación de ambientes tectónicos de rocas ígneas, identificación de paleoambientes de sedimentación, estudios hidrogeoquímicos (definición de áreas de recarga y descarga, origen del agua, fuentes de aporte de iones por meteorización, etc), así como inferencias sobre el destino ambiental de compuestos contaminantes, o la datación de derrames de hidrocarburos, entre otros. Las herramientas brindadas a los alumnos pretenden no sólo enseñar la aplicación de tales métodos geoquímicos de estudio, sino la comprensión de los fundamentos que los sustentan.

Es de destacar que la carrera Lic. en Geoquímica está muy orientada hacia la geoquímica inorgánica. Teniendo en cuenta que actualmente existe una amplia salida laboral en el campo petrolero y ambiental, se ha incluido en el programa 2012 de la asignatura, una unidad de química orgánica, así como el estudio de las características y

comportamiento de los principales compuestos orgánicos que se encuentran en el ambiente exógeno.

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

En función de sus objetivos, la materia está compuesta de dos grandes unidades temáticas, la geoquímica endógena y la geoquímica exógena, las que comprenden a su vez varios temas o “bolillas” del programa analítico:

I) Geoquímica endógena: distribución geoquímica de elementos mayoritarios y trazas en el cosmos, la Tierra y la corteza terrestre.

En función de sus objetivos, esta sección de la materia comprende cuatro grandes unidades temáticas, las que a su vez abarcan varios temas o “bolillas” del programa analítico:

a) *Distribución geoquímica de elementos mayoritarios y trazas en el cosmo, la Tierra, la corteza continental y la corteza oceánica.* Clasificaciones geoquímicas de los elementos. Coeficiente de partición de Nernst-Berthelot. Definición de compatibilidad e incompatibilidad en base al coeficiente de partición. Distribución de los elementos en el cosmo y la Tierra. Modelos para determinar la composición química total, inferior y superior de las cortezas continental y oceánica. (Temas 1, 2 y 3 del programa analítico). Discriminación geoquímica del ambiente tectónico (Tema 10).

b) *Los sistemas cuarzo-feldespáticos como ejemplos de equilibrios de fase en la corteza y distribución de elementos mayoritarios.* Equilibrios complejos en sistemas de tres y cuatro componentes. Sistema Qz-Ab-An-Or-H₂O Fraccionamiento de elementos mayoritarios en procesos ígneos (Temas 4 y 5 del programa analítico).

c) *Los elementos traza en la corteza terrestre.* Fisicoquímica de la distribución de los elementos traza. Modelos matemáticos (Temas 6 y 7 del programa analítico).

d) *Geoquímica isotópica.* Sistemas isotópicos indicadores del origen de los magmas: Sistemas Rb-Sr y Sm-Nd. Edades de formación de la corteza (Tema 8). Método ¹⁴C para la determinación de edades (Tema 9 del programa analítico).

II) Geoquímica exógena.

Esta sección de la materia comprende cuatro grandes unidades temáticas, las que a su vez abarcan varios temas o “bolillas” del programa analítico:

a) *Geoquímica de rocas sedimentarias: clásticas y carbonáticas:* Composición química de los principales tipos litológicos y su relación con los componentes mineralógicos y texturales. Factores fisicoquímicos de los procesos sedimentarios. Los elementos de las Tierras Raras en las rocas sedimentarias. Inferencias geoquímicas sobre el origen del material sedimentario y del ambiente tectónico de depositación: reconstrucción de paleoambientes. Geoquímica de rocas carbonáticas. Aplicaciones paleoambientales de los elementos trazas e isótopos estables de C y O: paleotemperatura, paleosalinidad, diagénesis. (Temas 11, 12 y 13 del programa analítico).

b) *Geoquímica de la hidrosfera, atmósfera y suelos*: composición de las aguas naturales, procesos físico-químicos que controlan su composición. Agua de lluvia, aguas terrestres superficiales, aguas subterráneas, agua de mar. Sustancias disueltas, en suspensión y coloidales. Gases disueltos. Composición isotópica del agua. Fraccionamiento isotópico. Técnicas de muestreo y métodos de estudio. Calidad de agua y contaminación (Temas 14, 15, 16 y 17). Atmósfera y suelos: composición, estructura y contaminación (Temas 21 y 22).

c) *Geoquímica orgánica*: Hidrocarburos del petróleo y derivados. Nomenclatura, propiedades físicas. (Tema 18).

d) *Geoquímica ambiental*: Comportamiento de compuestos en el ambiente. Transferencia entre compartimentos medioambientales. Procesos de transformación y degradación. Algunos contaminantes específicos: naturaleza, fuentes, propiedades, comportamiento en el ambiente. (Temas 19 y 20).

Clases de problemas se dan simultáneamente con las clases teóricas. La teoría correspondiente a las mismas, se explica en la clase anterior. Prácticas de campo y análisis de casos de estudio, seminarios a cargo de especialistas invitados, visitas a laboratorios y la confección de una monografía geoquímica complementan el dictado teórico y práctico del programa.

Programa Teórico

1- Principios de geoquímica endógena. Distribución y fraccionamiento de los elementos en el sistema solar. Clasificación cosmoquímica de los elementos. Elementos mayoritarios y trazas. Elementos compatibles e incompatibles; elementos LIL y HFS. Elementos móviles e inmóviles. Coeficiente de partición de Nernst-Berthelot. Definición de compatibilidad e incompatibilidad en base al coeficiente de partición.

2- Los elementos del grupo de las Tierras Raras. Abundancia en el sistema solar, la Tierra y la corteza. Presentación de los datos, normalización. Estados de oxidación. Coordinación y radio iónico. Sustitución diadócica y coeficientes de partición.

3- La corteza terrestre. Divisiones de la corteza. La corteza oceánica, naturaleza y modelos de composición química global. Características geoquímicas de los basaltos de las dorsales oceánicas: MORB tipos N, P y T. Composición química de la corteza continental. Métodos determinar su composición química. Variaciones temporales en la composición química de la corteza continental.

4- Los sistemas experimentales cuarzo-feldespatícos como ejemplos de equilibrios de fase en la corteza. Sistemas ternarios Q-Or-An, Q-Ab-Or, Ab-Or-An, Q-Ab-An y cuaternarios (Q-Ab-An-Or-H₂O). Cristalización y fusión cuantitativas, regla de la palanca. Influencia de la presión. Fusión en equilibrio y fraccionada, características. Comparación con resultados experimentales, ejemplos argentinos.

5- Fraccionamiento de elementos mayoritarios en procesos ígneos. Tipos de magma y su discriminación geoquímica. Saturación en Al₂O₃, implicancias genéticas. Granitos I,

S y A. Diagramas de variación de dos elementos. Problemas de mezcla; hipótesis gráfica de fraccionamiento. Efectos de solución sólida y detección de inflexiones.

6- Comportamiento de elementos traza en procesos magmáticos. Modelos matemáticos de cristalización en equilibrio y fraccionada: ecuaciones de Rayleigh y Doerner-Hoskin. Límites de aplicación. Modelos matemáticos de anatexis simple : a) fusión en equilibrio o en "batch"; b) fusión fraccionada o Rayleigh; c) fusión Rayleigh acumulativa. Ejemplos argentinos.

7- Modelos geoquímicos de mezcla, contaminación y asimilación. Modelos simples para uno y dos elementos. Modelos complejos, ecuaciones hiperbólicas. Modelos combinados de cristalización-asimilación, ecuaciones de De Paolo.

8- Geoquímica isotópica Sistemática del método Rb-Sr; su uso como trazador de la evolución cortical. Sistema Sm-Nd. Notación. Edades modelo. Uso combinado de los sistemas Rb-Sr y Sm-Nd.

9- Método ^{14}C , características. Ecuaciones y técnicas operativas. Ejemplos argentinos.

10- Discriminación geoquímica del ambiente tectónico de generación magmática. Fundamentos. Discriminación en base a elementos mayoritarios y trazas. Ambiente tectónico de formación de magmas basálticos y corticales. Ejemplos argentinos.

11- Geoquímica de rocas sedimentarias. Composición química de los principales tipos litológicos y su relación con los componentes mineralógicos y texturales. Clasificación química de las rocas sedimentarias. Factores fisicoquímicos de los procesos sedimentarios. Índices de meteorización y de madurez.

12- Características de distribución de los elementos químicos. Los elementos de las Tierras Raras en las rocas sedimentarias. Tratamiento matemático de los datos químicos: normas de rocas sedimentarias y análisis estadístico. Cálculos de pérdidas y ganancias en los procesos de conversión. Inferencias geoquímicas sobre el origen del material sedimentario y del ambiente tectónico de depositación: reconstrucción de paleoambientes.

13- Geoquímica de rocas carbonáticas. Aplicaciones paleoambientales de los elementos trazas e isótopos estables de C y O: paleotemperatura, paleosalinidad, diagénesis. Ejemplos de determinaciones en secuencias carbonáticas de la Precordillera y Cuenca Neuquina

14- Hidrósfera: diferenciación geoquímica. Propiedades físico químicas del agua. Agua de lluvia. Aguas superficiales terrestres: ríos y lagos. Composición de las aguas naturales. Sustancias disueltas, en suspensión y coloidales. Procesos que controlan su composición. Componentes mayoritarios y minoritarios. Agua de mar: elementos conservativos y no conservativos. Tiempos de residencia. Gases disueltos. Aguas subterráneas. Composición isotópica del agua. Fraccionamiento isotópico: principios. Fraccionamiento isotópico de la hidrósfera.

15- Muestreo de aguas superficiales y subterráneas: premisas básicas; técnicas de muestreo. Determinaciones hidroquímicas. Cálculos y comprobaciones de un análisis



químico. Métodos de estudio: representación gráfica de datos, índices hidrogeoquímicos.

16- Hidrogeoquímica: precipitación-solubilización. Cálculo de estados de saturación. Sistema de los carbonatos. Reacciones de hidrólisis, Reacciones ácido-base. Reacciones redox, diagramas Eh-pH. Clasificación de ambientes según Eh-pH. Complejación, intercambio iónico y procesos de sorción..

17- Contaminación del agua. Naturaleza y tipos de contaminantes. Fuentes de contaminación. Calidad de agua. Parámetros indicadores de contaminación. Estándares de calidad de agua.

18- Química orgánica. Hidrocarburos. Clasificación. Hidrocarburos alifáticos: Alcanos, Alquenos, Alquinos. Nomenclatura. Isomería. Propiedades físicas. Hidrocarburos aromáticos: estructura del benceno, propiedades físicas. Derivados sustituidos. Hidrocarburos policíclicos aromáticos. Heteroátomos; grupos funcionales. Alcoholes. Compuestos organohalogenados.

19- Procesos ambientales. Comportamiento de los compuestos químicos en el ambiente. Estructura molecular y su influencia en las propiedades físico-químicas: punto de fusión, punto de ebullición, presión de vapor, solubilidad, persistencia. Coeficiente de partición Octanol-agua (Kow). Bioacumulación. Coeficiente de reparto C orgánico-agua (Koc), Constante de Henry. Transferencia entre compartimentos medioambientales. Procesos de transformación y degradación.

20- Algunos contaminantes específicos: naturaleza, fuentes, propiedades, comportamiento en el ambiente. Contaminantes metálicos más importantes. Bionutrientes: eutrofización. Hidrocarburos del petróleo y derivados. Microcontaminantes orgánicos de importancia ambiental: hidrocarburos policíclicos aromáticos, Compuestos orgánicos volátiles, Policlorobifenilos (PCBs) y Dioxinas, Plaguicidas.

21- Suelo: estructura, composición. Contaminación del suelo. Naturaleza química de los contaminantes del suelo. Principales procesos físico-químicos. Métodos de estudio.

22- Atmósfera: estructura, composición. Funciones de la atmósfera. Contaminantes atmosféricos. Fuentes naturales y antrópicas. Efectos atmosféricos de la contaminación. Control de emisión de contaminantes.

Trabajos prácticos

Las clases prácticas consisten en las siguientes actividades:

- a) Resolución de problemas específicos que permitan la aplicación de los conceptos teóricos explicados en clase. La teoría de las mismas, es explicada en la clase anterior. Ellos incluyen: cálculos geoquímicos, ejercicios de aplicación con datos analíticos conocidos, construcción e interpretación de diagramas y gráficos de clasificación y discriminación geoquímica, interpretación de ecuaciones de modelos matemáticos de elementos traza, interpretación de datos isotópicos en los sistemas Rb-Sr y Sm-Nd y análisis y discusión de casos de estudio con alguna problemática ambiental.



- b) Confección de una monografía individual sobre un tema de investigación geoquímica, a elección del alumno, la que deberán exponer al final del año para la aprobación de la cursada.

5- Actividades desarrolladas por la cátedra.

- i- Seminarios. Se prevé la invitación a profesionales de distintas especialidades a dictar seminarios sobre temas específicos, como por ejemplo: aplicación de la geoquímica a la exploración de hidrocarburos, métodos geoquímicos para el estudio de roca madre de hidrocarburos, modelación de transporte de contaminantes en cuerpos de agua, entre otros.
- ii- Visitas a laboratorios con observación de prácticas analíticas especializados en diferentes temáticas incluidas en el programa de estudio, como el Laboratorio de C¹⁴, el Laboratorio de Geoquímica del CIG y de análisis de compuestos orgánicos (hidrocarburos).
- iii- Salidas de campo y viajes de campaña, aunque estos se encuentren sujetos a posibilidades económicas.

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

- La parte teórico-práctica de la materia, es impartida en la forma usual, en clases de 3 horas y media de duración: una hora y media aproximadamente, de resolución de problemas por parte de los alumnos, y dos horas de contenido teórico. A los alumnos se les entrega al principio de cada semestre un juego de fotocopias con todas las gráficas y figuras de los temas teóricos que se impartirán en el semestre. Como auxiliares didácticos se emplean habitualmente cañones de proyección (proyección de Power Points), programas de computación para PC. En lo que respecta a la parte conceptual, después de explicada la parte teórica correspondiente, se ubica siempre al alumno con ejemplos de investigaciones sobre secuencias de rocas argentinas y su significado geológico, geoquímico y económico.

- Para cada uno de los trabajos prácticos del área "problemas", existe un desarrollo teórico de los mismos que se imparte en la teoría, dictada siempre con anterioridad al mismo. El enunciado de los problemas a resolver en clase, se entrega a los alumnos con una semana de antelación de la clase correspondiente. Los mismos incluyen fotocopias con las tablas, información y bibliografía necesarios para la resolución de los problemas teórico-prácticos. Estos son resueltos en clases generales, antes de la teoría, en forma individual y rotativamente a cargo de los alumnos. Al final de las mismas se realiza una discusión general a cargo de toda la clase, sobre los aspectos que puedan haber quedado menos claros. Dado que normalmente el número de alumnos que cursa es reducido, el contacto profesor-alumno es muy estrecho por lo que se alcanza gran dinámica y profundidad en muchos temas.

- La parte práctica de la materia contempla visitas a los Laboratorios de Geoquímica y de Rb-Sr del Centro de Investigaciones Geológicas y al Laboratorio de Tritio y ¹⁴ Carbono (LATYR) de la misma institución. El alumno adquiere aquí un contacto directo con las metodologías que se emplean en la investigación geoquímica e isotópica.

7- Recursos materiales necesarios para el dictado de la materia.

Para el dictado de las clases teórico-prácticos de la materia se necesita disponer de una sala con cañón de proyección, disposición de la bibliografía correspondiente y acceso a laboratorios especializados en los temas que imparte la materia. Estos tres requisitos están disponibles en una institución que depende la UNLP y de la FCNyM, además del CONICET, que es el Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET). Por esta razón de disposición de instalaciones apropiadas para el alumno, la asignatura Geoquímica Avanzada se cursó desde su inicio en este Centro, que presta apoyo asimismo al dictado de otras materias de las Licenciaturas de Geología y de Geoquímica.

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

El número reducido de alumnos que cursa esta materia de 5to. Año, permite una muy completa visión de los avances de cada uno de los alumnos y el grado de alcance de comprensión obtenido. Todos los alumnos que cursan deben participar activamente de cada uno de los trabajos prácticos de problemas.

Para aprobar la cursada de la materia los alumnos deben:

- a) Tener una asistencia no inferior al 70% de las clases teóricas-prácticas.
- b) Aprobar dos parciales, uno al término del Primer Semestre (Geoquímica Endógena) y otro al término del Segundo Semestre (Geoquímica Exógena).
- c) Realizar una monografía sobre un tema geoquímico, con tema a elección del alumno, que se deberá presentar al término del año (mes de noviembre).

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

- a) *Distribución geoquímica de elementos mayoritarios y trazas en el cosmo, la Tierra, la corteza continental y la corteza oceánica (Temas 1,2,3 y 10 del programa analítico).*

Henderson, P. (Ed.), 1984. Rare Element Geochemistry. Elsevier, 510pp.

Henderson, P., 1984. Inorganic Geochemistry. Pergamon, 353pp.

Faure, Gunter, 1991. Principles and applications of Inorganic Geochemistry, Macmillan Publishing Company, New York, 629 pp.

Gill, R., 1996. Chemical Fundamentals of Geology, (2nd.Ed). Chapman & Hall, 290pp.

Krauskopf, K.B. y Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemistry (3rd.Ed). McGraw International Editions, 647pp.

Richardson, S.M. y Mcdween Jr., H.Y., 1989. Geochemistry. Pathways and Processes. Prentice Hall, 488pp.

Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.

Rudnick, R.L. (Ed.), 2003. The Crust. En: Treatise on Geochemistry, Vol. 3, Elsevier, Amsterdam.

Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.



Taylor, S.R. y McClennan, S.M., 1985. The Continental Crust: its Composition and Evolution. Blackwell, 312pp.

b) *Los sistemas cuarzo-feldespáticos como ejemplos de equilibrios de fase en la corteza y distribución de elementos mayoritarios (Tema 4 y 5 del programa analítico).*

Cox, K.G., Bell, J.D. y Pankhurst, R.J., 1979. The interpretation of Igneous Rocks. George Allen & Unwin, 445pp.

Ehlers, E.G., 1972. The Interpretation of Geological Phase Diagrams. Freeman, 280pp.

Johannes, W. y Holtz, F., 1996. Petrogenesis and Experimental Petrology of Granitic Rocks. Springer-Verlag, 335pp.

Wood, B.J. y Fraser, D.G., 1978. Elementary Thermodynamics for Geologists. Oxford, 303pp.

c) *Los elementos traza en la corteza terrestre (Temas 6 y 7 del programa analítico).*

Albarede, F., 1995. Introduction to Geochemical Modelling. Cambridge University Press, 543pp.

Allegre, C.J. y Hart, S.R. (Eds.), 1978. Trace elements in Igneous Petrology, Elsevier, 272pp.

d) *Geoquímica isotópica (Temas 8 y 9 del programa analítico).*

De Paolo, D.J., 1988. Neodymium Isotope Geochemistry. An Introduction. Springer, 187pp.

Dickin, A.P., 1995. Radiogenic Isotope Geology. Cambridge University Press, 452pp.

Faure, G., 1986. Principles of Isotope Geology, (2nd.Ed.). John Wiley, 589pp.

Faure, G. y Mensing, T.M., 2005. Isotopes. Principles and Applications. John Wiley & Sons, Inc., 897pp.

e) *Geoquímica de rocas sedimentarias. (Temas 11, 12 y 13 del programa analítico).*

Faure, Gunter, 1991. Principles and applications of Inorganic Geochemistry, Macmillan Publishing Company, New York, 629 pp

Henderson, P., 1984. Inorganic Geochemistry. Pergamon, 353pp.

Krauskopf, K.B. y Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemistry (3rd.Ed). McGraw International Editions, 647pp.

Richardson, S.M. y Mccween Jr., H.Y., 1989. Geochemistry. Pathways and Processes. Prentice Hall, 488pp.

Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.

Tucker, M.(ed). 1990. Techniques in Sedimentology. Blackwell Sci. Publ. 394 pp.

f) *Geoquímica de la hidrosfera, atmósfera y suelos (Temas 14, 15, 16, 17, 21 y 22).*

Appelo, C.A.J, y Postma, D, 1996. Geochemistry, Groundwater and Pollution. Balkema, 535 pp

Custodio, E y Llamas, M. R: "Hidrología subterránea". Ed. Omega. Barcelona 1983.

- Faure, Gunter, 1991. Principles and applications of Inorganic Geochemistry, Macmillan Publishing Company, New York, 629 pp.
- Figueruelo, J y Dávila, M, 2004. Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales, Editorial Reverté, 591pp.
- Foster, S. y R. Hirata (1988): "Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas". CEPIS-OPS-OMS. Lima
- Foster, S y D. Caminero Gomes, 1989. Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas una evaluación de métodos y costos, Cepis/OPS/OMS: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/repind46/monito/monito.html>
- Gill, R., 1996. Chemical Fundamentals of Geology, (2nd.Ed). Chapman & Hall, 290pp.
- Krauskopf, K.B. y Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemistry (3rd.Ed). McGraw International Editions, 647pp.
- Orozco Barrenetxea, C, Pérez Serrano, A, González Delgado, M.N, Rodríguez Vidal, F, Alfayate Blanco, J.M., 2003. Contaminación Ambiental, Una visión desde la Química. Thomson
- Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.
- Tolgyessy, J. (ed.), 1993. Chemistry and Biology of Water, Air and Soil. Environmental Aspects.
- Air Quality, Thad Godish, Lewis Publishers, 1991. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 20th edition. APHA.
- Manual on water-quality monitoring. Planning and implementation of sampling and field testing, World Meteorological Organization. WMO N° 680
- Instituto argentino de racionalización de materiales (IRAM). Traducción de la Norma ISO 5667-11. Water Quality Sampling Part 11: Guidance on sampling of groundwaters. First edition, 1993-03-15

g) *Geoquímica orgánica* (Tema 18).

- Brown, Th; LeMay, Jr; Bursten, By Burdge, J; Química. La ciencia central, 9^a edición, Ed Pearson. Prentice Hall.
- Connel, D. W., 1997. Basic Concepts of Environmental Chemistry. Lewis Publishers
- Hunt, J, 1979. Petroleum Geochemistry and Geology. W.H. Freeman and Company. 617pp
- Morrison, R.T. y Boyd, R.N.; Química Orgánica, 5^a. Edición, Ed. Addison Wesley Longman de México, S.A. de C.V., México, 1998.
- <http://www.quimicaorganica.org/libros/morrison-boyd.html>
- <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>
- <http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/>
- <http://organica1.org>

h) *Geoquímica ambiental* (Temas 19 y 20).

- Auge (2005) Hidrogeología Ambiental. Universidad nacional de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas.
- CAS de ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
- Campos V.; Büchler M. (2005). Removal of chromate from drinking water using powder carbon steel. Environ Geol 47: 926–930.
- Connel, D. W., 1997. Basic Concepts of Environmental Chemistry. Lewis Publishers



- Dickson, T.R.. Química. Enfoque Ecológico. Ed. Limusa
- Figueruelo, J y Dávila, M, 2004. Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales, Editorial Reverté
- Geological Survey of Japan Open File Report N°419. Atlas of Eh-pH diagrams, Mayo 2005.
- Gunnar Nordberg. Metales: Propiedades químicas y tóxicas, en Enciclopedia de Salud y la Seguridad en el Trabajo.
- Orozco Barrenetxea, C, Pérez Serrano, A, González Delgado, M.N, Rodríguez Vidal, F, Alfayate Blanco, J.M., 2003. Contaminación Ambiental, Una visión desde la Química. Thomson
- Spiro, T y Stigliani, W, 2005. Química Medioambiental. Segunda edición. Pearson Prentice Hall. 504 pp.

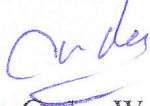
10- Duración de la materia y cronograma con la distribución del tiempo para cada actividad (incluir todas las indicadas en el punto 5) y responsables de cada una.

El dictado de la materia abarca desde el mes de abril hasta el mes de noviembre incluido. El primer semestre (de abril a julio) se centra en el estudio de la geoquímica endógena (unidades temáticas 1 a 10) cuyo responsable es el Dr. Carlos W. Rapela. El segundo semestre (agosto a noviembre) se focaliza en la geoquímica exógena (unidades temáticas 11 a 22), y la docente responsable es la Lic. Claudia Merodio. Las visitas a los laboratorios están previstas para los meses de agosto (Laboratorio de ^{14}C) y noviembre (laboratorio de análisis de hidrocarburos). Los seminarios serán intercalados durante el segundo semestre.

11- Autoevaluación periódica.

La materia tuvo desde su origen un número reducido de alumnos, con un solo docente (un Profesor Titular, con dedicación simple), por lo cual nunca se realizó una autoevaluación. Esta situación se está revirtiendo en tiempos recientes (2011 y 2012), con un número cercano a 10 alumnos por curso. En el curso 2012 se ha introducido un cambio importante en el contenido del programa, con la introducción de la geoquímica exógena, cambio que había sido solicitado en el pasado, y que no se había podido cristalizar por carecer de personal calificado en esta rama de la geoquímica. Esto se ha normalizado actualmente, con un programa balanceado entre temas de geoquímica endógena (primer semestre) y temas de geoquímica exógena (segundo semestre) y la incorporación de un profesor adjunto. Se piensa que en dos años de aplicar esta modalidad, será necesario evaluar los cambios producidos, y programar un eventual mejoramiento de la enseñanza de acuerdo a los resultados que se encuentren.

La Plata, 16 de abril de 2012-04-16


Dr. Carlos W. Rapela

Profesor Titular de Geoquímica Avanzada



La Plata, 17 de Abril de 2012.

A la Decana de la
Facultad de Cs. Naturales y Museo
Dra. Alejandra Rumi Macchi Zubiaurre
S/D

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de elevar el nuevo programa de Geoquímica Avanzada. El mismo comenzará a implementarse a partir del corriente año.

Se informa que el presente cumple con lo indicado en el instructivo de la Secretaría de Asuntos Académicos para la presentación del diseño y planificación de los programas de las materias de la FCNyM.

Sin otro particular, saludo a Ud. muy atte.

Cu da
Dr. Carlos R. Profeta
Profesor Titular



PROGRAMA DE LA MATERIA GEOQUÍMICA AVANZADA

Licenciatura en Geoquímica

1- Encabezado

Universidad: Universidad Nacional de La Plata

Facultad: Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Nombre de la asignatura: Geoquímica Avanzada

Tipo de régimen: anual, modalidad tradicional

Carga horaria total (*): 95 horas aproximadamente, 60 horas teóricas y 35 de clases prácticas. Dos horas semanales de clases teóricas y una hora y media de clases prácticas. (*) A los tiempos totales y semanales hay que sumar los seminarios con docentes externos, visitas a laboratorios (CIG y ^{14}C), prácticas de campo y redacción de monografía obligatoria, de duración difícil de estimar.

Total de la Planta Docente: 2

Nombre del Profesor Titular: Dr. Carlos W. Rapela

Nombre del Profesor Adjunto: Lic. Claudia M. Merodio

Mails de contacto: crapela@cig.museo.unlp.edu.ar

clau_merodio@yahoo.com.ar

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.

Materia anual de especialización en geoquímica inorgánica y algunos temas de geoquímica orgánica; obligatoria para alumnos de cuarto y quinto año de la Licenciatura en Geoquímica u optativa para el doctorado en Geoquímica o Geología. En el primer semestre, dedicado a la geoquímica endógena, la corteza terrestre es el objeto principal de investigación. El desarrollo de la materia trata aquí la teoría fundamental de equilibrios de fase en sistemas de tres y cuatro componentes, los factores fisicoquímicos que controlan la distribución en rocas ígneas y metamórficas, el modelado matemático de elementos mayoritarios y trazas en la corteza, la discriminación geoquímica del ambiente tectónico y la geoquímica isotópica de diversos sistemas. El segundo semestre se focaliza en la geoquímica exógena, abordándose el estudio de los procesos geoquímicos vinculados a las rocas sedimentarias, suelos, la hidrósfera y la atmósfera. El desarrollo de la materia trata el

14-

estudio de los factores físico-químicos de los procesos sedimentarios, así como inferencias geoquímicas sobre el origen del material sedimentario y el ambiente tectónico de depositación. El estudio del suelo, la hidrósfera y la atmósfera comprende la descripción de sus características naturales, los procesos físico-químicos que controlan su composición, así como las alteraciones debido a la incorporación de compuestos de origen antrópico. Se presentan los principales grupos de contaminantes ambientales inorgánicos y orgánicos, enfocándose especialmente en el estudio de las propiedades físico-químicas que determinan su comportamiento, que en conjunto con el ambiente geoquímico definirán su destino ambiental. Se incluye de esta manera ciertos aspectos de la geoquímica orgánica y ambiental.

Esta materia, correspondiente a 5° año de la carrera de Geoquímica tiene como fin profundizar los conocimientos sobre los procesos geoquímicos endógenos y exógenos cuyos principios básicos son dictados en la materia Geoquímica, de 2° año de las carreras de Geología y Geoquímica, atendiendo a la especialización de la orientación.

Tratándose de una materia de 5to. año, se requieren conocimientos previos de matemática, mineralogía (Mineralogía) química inorgánica (Introducción a la Química), de geoquímica (Geoquímica de 2do año) y petrología de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias (Petrología y Sedimentología). En forma horizontal, se requiere conexión con Geoquímica Analítica, con la cual se complementa en el aprendizaje de técnicas analíticas de materiales específicos.

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

Los objetivos generales de la materia consisten en la descripción crítica de los ambientes geológicos y geoquímicos y los fenómenos naturales que en ellos se desarrollan, con una permanente referencia a los principios físicoquímicos que permiten explicar el comportamiento de los elementos y los diferentes modelos del ciclo geoquímico.

De esta manera se busca que el alumno aprenda, a partir del tratamiento de datos físico-químicos, a realizar inferencias geoquímicas sobre los distintos ambientes o los procesos geológicos actuantes, como por ejemplo: origen y fraccionamiento de los distintos magmas, discriminación de ambientes tectónicos de rocas ígneas, identificación de paleoambientes de sedimentación, estudios hidrogeoquímicos (definición de áreas de recarga y descarga, origen del agua, fuentes de aporte de iones por meteorización, etc), así como inferencias sobre el destino ambiental de compuestos contaminantes, o la datación de derrames de hidrocarburos, entre otros. Las herramientas brindadas a los alumnos pretenden no sólo enseñar la aplicación de tales métodos geoquímicos de estudio, sino la comprensión de los fundamentos que los sustentan.

Es de destacar que la carrera Lic. en Geoquímica está muy orientada hacia la geoquímica inorgánica. Teniendo en cuenta que actualmente existe una amplia salida laboral en el campo petrolero y ambiental, se ha incluido en el programa 2012 de la asignatura, una unidad de química orgánica, así como el estudio de las características y



comportamiento de los principales compuestos orgánicos que se encuentran en el ambiente exógeno.

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

En función de sus objetivos, la materia está compuesta de dos grandes unidades temáticas, la geoquímica endógena y la geoquímica exógena, las que comprenden a su vez varios temas o “bolillas” del programa analítico:

I) Geoquímica endógena: distribución geoquímica de elementos mayoritarios y trazas en el cosmos, la Tierra y la corteza terrestre.

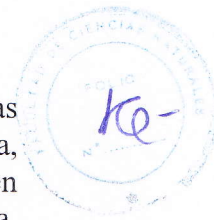
En función de sus objetivos, esta sección de la materia comprende cuatro grandes unidades temáticas, las que a su vez abarcan varios temas o “bolillas” del programa analítico:

- a) *Distribución geoquímica de elementos mayoritarios y trazas en el cosmo, la Tierra, la corteza continental y la corteza oceánica.* Clasificaciones geoquímicas de los elementos. Coeficiente de partición de Nernst-Berthelot. Definición de compatibilidad e incompatibilidad en base al coeficiente de partición. Distribución de los elementos en el cosmo y la Tierra. Modelos para determinar la composición química total, inferior y superior de las cortezas continental y oceánica. (Temas 1, 2 y 3 del programa analítico). Discriminación geoquímica del ambiente tectónico (Tema 10).
- b) *Los sistemas cuarzo-feldespatíticos como ejemplos de equilibrios de fase en la corteza y distribución de elementos mayoritarios.* Equilibrios complejos en sistemas de tres y cuatro componentes. Sistema Qz-Ab-An-Or-H₂O Fraccionamiento de elementos mayoritarios en procesos ígneos (Temas 4 y 5 del programa analítico).
- c) *Los elementos traza en la corteza terrestre.* Fisicoquímica de la distribución de los elementos traza. Modelos matemáticos (Temas 6 y 7 del programa analítico).
- d) *Geoquímica isotópica.* Sistemas isotópicos indicadores del origen de los magmas: Sistemas Rb-Sr y Sm-Nd. Edades de formación de la corteza (Tema 8). Método ¹⁴C para la determinación de edades (Tema 9 del programa analítico).

II) Geoquímica exógena.

Esta sección de la materia comprende cuatro grandes unidades temáticas, las que a su vez abarcan varios temas o “bolillas” del programa analítico:

- a) *Geoquímica de rocas sedimentarias: clásticas y carbonáticas:* Composición química de los principales tipos litológicos y su relación con los componentes mineralógicos y texturales. Factores fisicoquímicos de los procesos sedimentarios. Los elementos de las Tierras Raras en las rocas sedimentarias. Inferencias geoquímicas sobre el origen del material sedimentario y del ambiente tectónico de depositación: reconstrucción de paleoambientes. Geoquímica de rocas carbonáticas. Aplicaciones paleoambientales de los elementos trazas e isótopos estables de C y O: paleotemperatura, paleosalinidad, diagénesis. (Temas 11, 12 y 13 del programa analítico).



b) *Geoquímica de la hidrosfera, atmósfera y suelos*: composición de las aguas naturales, procesos físico-químicos que controlan su composición. Agua de lluvia, aguas terrestres superficiales, aguas subterráneas, agua de mar. Sustancias disueltas, en suspensión y coloidales. Gases disueltos. Composición isotópica del agua. Fraccionamiento isotópico. Técnicas de muestreo y métodos de estudio. Calidad de agua y contaminación (Temas 14, 15, 16 y 17). Atmósfera y suelos: composición, estructura y contaminación (Temas 21 y 22).

c) *Geoquímica orgánica*: Hidrocarburos del petróleo y derivados. Nomenclatura, propiedades físicas. (Tema 18).

d) *Geoquímica ambiental*: Comportamiento de compuestos en el ambiente. Transferencia entre compartimentos medioambientales. Procesos de transformación y degradación. Algunos contaminantes específicos: naturaleza, fuentes, propiedades, comportamiento en el ambiente. (Temas 19 y 20).

Clases de problemas se dan simultáneamente con las clases teóricas. La teoría correspondiente a las mismas, se explica en la clase anterior. Prácticas de campo y análisis de casos de estudio, seminarios a cargo de especialistas invitados, visitas a laboratorios y la confección de una monografía geoquímica complementan el dictado teórico y práctico del programa.

Programa Teórico

1- Principios de geoquímica endógena. Distribución y fraccionamiento de los elementos en el sistema solar. Clasificación cosmoquímica de los elementos. Elementos mayoritarios y trazas. Elementos compatibles e incompatibles; elementos LIL y HFS. Elementos móviles e inmóviles. Coeficiente de partición de Nernst-Berthelot. Definición de compatibilidad e incompatibilidad en base al coeficiente de partición.

2- Los elementos del grupo de las Tierras Raras. Abundancia en el sistema solar, la Tierra y la corteza. Presentación de los datos, normalización. Estados de oxidación. Coordinación y radio iónico. Sustitución diadócica y coeficientes de partición.

3- La corteza terrestre. Divisiones de la corteza. La corteza oceánica, naturaleza y modelos de composición química global. Características geoquímicas de los basaltos de las dorsales oceánicas: MORB tipos N, P y T. Composición química de la corteza continental. Métodos determinar su composición química. Variaciones temporales en la composición química de la corteza continental.

4- Los sistemas experimentales cuarzo-feldespatícos como ejemplos de equilibrios de fase en la corteza. Sistemas ternarios Q-Or-An, Q-Ab-Or, Ab-Or-An, Q-Ab-An y cuaternarios (Q-Ab-An-Or-H₂O). Cristalización y fusión cuantitativas, regla de la palanca. Influencia de la presión. Fusión en equilibrio y fraccionada, características. Comparación con resultados experimentales, ejemplos argentinos.

5- Fraccionamiento de elementos mayoritarios en procesos ígneos. Tipos de magma y su discriminación geoquímica. Saturación en Al₂O₃, implicancias genéticas. Granitos I,

S y A. Diagramas de variación de dos elementos. Problemas de mezcla; hipótesis gráfica de fraccionamiento. Efectos de solución sólida y detección de inflexiones.

6- Comportamiento de elementos traza en procesos magmáticos. Modelos matemáticos de cristalización en equilibrio y fraccionada: ecuaciones de Rayleigh y Doerner-Hoskin. Límites de aplicación. Modelos matemáticos de anatexis simple : a) fusión en equilibrio o en "batch"; b) fusión fraccionada o Rayleigh; c) fusión Rayleigh acumulativa. Ejemplos argentinos.

7- Modelos geoquímicos de mezcla, contaminación y asimilación. Modelos simples para uno y dos elementos. Modelos complejos, ecuaciones hiperbólicas. Modelos combinados de cristalización-asimilación, ecuaciones de De Paolo.

8- Geoquímica isotópica Sistemática del método Rb-Sr; su uso como trazador de la evolución cortical. Sistema Sm-Nd. Notación. Edades modelo. Uso combinado de los sistemas Rb-Sr y Sm-Nd.

9- Método ^{14}C , características. Ecuaciones y técnicas operativas. Ejemplos argentinos.

10- Discriminación geoquímica del ambiente tectónico de generación magmática. Fundamentos. Discriminación en base a elementos mayoritarios y trazas. Ambiente tectónico de formación de magmas basálticos y corticales. Ejemplos argentinos.

11- Geoquímica de rocas sedimentarias. Composición química de los principales tipos litológicos y su relación con los componentes mineralógicos y texturales. Clasificación química de las rocas sedimentarias. Factores fisicoquímicos de los procesos sedimentarios. Índices de meteorización y de madurez.

12- Características de distribución de los elementos químicos. Los elementos de las Tierras Raras en las rocas sedimentarias. Tratamiento matemático de los datos químicos: normas de rocas sedimentarias y análisis estadístico. Cálculos de pérdidas y ganancias en los procesos de conversión. Inferencias geoquímicas sobre el origen del material sedimentario y del ambiente tectónico de depositación: reconstrucción de paleoambientes.

13- Geoquímica de rocas carbonáticas. Aplicaciones paleoambientales de los elementos trazas e isótopos estables de C y O: paleotemperatura, paleosalinidad, diagénesis. Ejemplos de determinaciones en secuencias carbonáticas de la Precordillera y Cuenca Neuquina

14- Hidrósfera: diferenciación geoquímica. Propiedades físico químicas del agua. Agua de lluvia. Aguas superficiales terrestres: ríos y lagos. Composición de las aguas naturales. Sustancias disueltas, en suspensión y coloidales. Procesos que controlan su composición. Componentes mayoritarios y minoritarios. Agua de mar: elementos conservativos y no conservativos. Tiempos de residencia. Gases disueltos. Aguas subterráneas. Composición isotópica del agua. Fraccionamiento isotópico: principios. Fraccionamiento isotópico de la hidrósfera.

15- Muestreo de aguas superficiales y subterráneas: premisas básicas; técnicas de muestreo. Determinaciones hidroquímicas. Cálculos y comprobaciones de un análisis

químico. Métodos de estudio: representación gráfica de datos, índices hidrogeoquímicos.

16- Hidrogeoquímica: precipitación-solubilización. Cálculo de estados de saturación. Sistema de los carbonatos. Reacciones de hidrólisis, Reacciones ácido-base. Reacciones redox, diagramas Eh-pH. Clasificación de ambientes según Eh-pH. Complejación, intercambio iónico y procesos de sorción..

17- Contaminación del agua. Naturaleza y tipos de contaminantes. Fuentes de contaminación. Calidad de agua. Parámetros indicadores de contaminación. Estándares de calidad de agua.

18- Química orgánica. Hidrocarburos. Clasificación. Hidrocarburos alifáticos: Alcanos, Alquenos, Alquinos. Nomenclatura. Isomería. Propiedades físicas. Hidrocarburos aromáticos: estructura del benceno, propiedades físicas. Derivados sustituidos. Hidrocarburos policíclicos aromáticos. Heteroátomos; grupos funcionales. Alcoholes. Compuestos organohalogenados.

19- Procesos ambientales. Comportamiento de los compuestos químicos en el ambiente. Estructura molecular y su influencia en las propiedades físico-químicas: punto de fusión, punto de ebullición, presión de vapor, solubilidad, persistencia. Coeficiente de partición Octanol-agua (K_{ow}). Bioacumulación. Coeficiente de reparto C orgánico-agua (K_{oc}), Constante de Henry. Transferencia entre compartimentos medioambientales. Procesos de transformación y degradación.

20- Algunos contaminantes específicos: naturaleza, fuentes, propiedades, comportamiento en el ambiente. Contaminantes metálicos más importantes. Bionutrientes: eutrofización. Hidrocarburos del petróleo y derivados. Microcontaminantes orgánicos de importancia ambiental: hidrocarburos policíclicos aromáticos, Compuestos orgánicos volátiles, Policlorobifenilos (PCBs) y Dioxinas, Plaguicidas.

21- Suelo: estructura, composición. Contaminación del suelo. Naturaleza química de los contaminantes del suelo. Principales procesos físico-químicos. Métodos de estudio.

22- Atmósfera: estructura, composición. Funciones de la atmósfera. Contaminantes atmosféricos. Fuentes naturales y antrópicas. Efectos atmosféricos de la contaminación. Control de emisión de contaminantes.

Trabajos prácticos

Las clases prácticas consisten en las siguientes actividades:

- a) Resolución de problemas específicos que permitan la aplicación de los conceptos teóricos explicados en clase. La teoría de las mismas, es explicada en la clase anterior. Ellos incluyen: cálculos geoquímicos, ejercicios de aplicación con datos analíticos conocidos, construcción e interpretación de diagramas y gráficos de clasificación y discriminación geoquímica, interpretación de ecuaciones de modelos matemáticos de elementos traza, interpretación de datos isotópicos en los sistemas Rb-Sr y Sm-Nd y análisis y discusión de casos de estudio con alguna problemática ambiental.



- b) Confección de una monografía individual sobre un tema de investigación geoquímica, a elección del alumno, la que deberán exponer al final del año para la aprobación de la cursada.

5- Actividades desarrolladas por la cátedra.

- i- Seminarios. Se prevé la invitación a profesionales de distintas especialidades a dictar seminarios sobre temas específicos, como por ejemplo: aplicación de la geoquímica a la exploración de hidrocarburos, métodos geoquímicos para el estudio de roca madre de hidrocarburos, modelación de transporte de contaminantes en cuerpos de agua, entre otros.
- ii- Visitas a laboratorios con observación de prácticas analíticas especializados en diferentes temáticas incluidas en el programa de estudio, como el Laboratorio de C¹⁴, el Laboratorio de Geoquímica del CIG y de análisis de compuestos orgánicos (hidrocarburos).
- iii- Salidas de campo y viajes de campaña, aunque estos se encuentren sujetos a posibilidades económicas.

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

- La parte teórico-práctica de la materia, es impartida en la forma usual, en clases de 3 horas y media de duración: una hora y media aproximadamente, de resolución de problemas por parte de los alumnos, y dos horas de contenido teórico. A los alumnos se les entrega al principio de cada semestre un juego de fotocopias con todas las gráficas y figuras de los temas teóricos que se impartirán en el semestre. Como auxiliares didácticos se emplean habitualmente cañones de proyección (proyección de Power Points), programas de computación para PC. En lo que respecta a la parte conceptual, después de explicada la parte teórica correspondiente, se ubica siempre al alumno con ejemplos de investigaciones sobre secuencias de rocas argentinas y su significado geológico, geoquímico y económico.

- Para cada uno de los trabajos prácticos del área "problemas", existe un desarrollo teórico de los mismos que se imparte en la teoría, dictada siempre con anterioridad al mismo. El enunciado de los problemas a resolver en clase, se entrega a los alumnos con una semana de antelación de la clase correspondiente. Los mismos incluyen fotocopias con las tablas, información y bibliografía necesarios para la resolución de los problemas teórico-prácticos. Estos son resueltos en clases generales, antes de la teoría, en forma individual y rotativamente a cargo de los alumnos. Al final de las mismas se realiza una discusión general a cargo de toda la clase, sobre los aspectos que puedan haber quedado menos claros. Dado que normalmente el número de alumnos que cursa es reducido, el contacto profesor-alumno es muy estrecho por lo que se alcanza gran dinámica y profundidad en muchos temas.

- La parte práctica de la materia contempla visitas a los Laboratorios de Geoquímica y de Rb-Sr del Centro de Investigaciones Geológicas y al Laboratorio de Tritio y ¹⁴ Carbono (LATYR) de la misma institución. El alumno adquiere aquí un contacto directo con las metodologías que se emplean en la investigación geoquímica e isotópica.

7- Recursos materiales necesarios para el dictado de la materia.

Para el dictado de las clases teórico-prácticos de la materia se necesita disponer de una sala con cañón de proyección, disposición de la bibliografía correspondiente y acceso a laboratorios especializados en los temas que imparte la materia. Estos tres requisitos están disponibles en una institución que depende la UNLP y de la FCNyM, además del CONICET, que es el Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET). Por esta razón de disposición de instalaciones apropiadas para el alumno, la asignatura Geoquímica Avanzada se cursó desde su inicio en este Centro, que presta apoyo asimismo al dictado de otras materias de las Licenciaturas de Geología y de Geoquímica.

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

El número reducido de alumnos que cursa esta materia de 5to. Año, permite una muy completa visión de los avances de cada uno de los alumnos y el grado de alcance de comprensión obtenido. Todos los alumnos que cursan deben participar activamente de cada uno de los trabajos prácticos de problemas.

Para aprobar la cursada de la materia los alumnos deben:

- a) Tener una asistencia no inferior al 80% de las clases teóricas-prácticas.
- b) Aprobar dos parciales, uno al término del Primer Semestre (Geoquímica Endógena) y otro al término del Segundo Semestre (Geoquímica Exógena).
- c) Realizar una monografía sobre un tema geoquímico, con tema a elección del alumno, que se deberá presentar al término del año (mes de noviembre).

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

- a) *Distribución geoquímica de elementos mayoritarios y trazas en el cosmo, la Tierra, la corteza continental y la corteza oceánica (Temas 1,2,3 y 10 del programa analítico).*

Henderson, P. (Ed.), 1984. Rare Element Geochemistry. Elsevier, 510pp.

Henderson, P., 1984. Inorganic Geochemistry. Pergamon, 353pp.

Faure, Gunter, 1991. Principles and applications of Inorganic Geochemistry, Macmillan Publishing Company, New York, 629 pp.

Gill, R., 1996. Chemical Fundamentals of Geology, (2nd.Ed). Chapman & Hall, 290pp.

Krauskopf, K.B. y Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemistry (3rd.Ed). McGraw International Editions, 647pp.

Richardson, S.M. y Mcsween Jr., H.Y., 1989. Geochemistry. Pathways and Processes. Prentice Hall, 488pp.

Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.

Rudnick, R.L. (Ed.), 2003. The Crust. En: Treatise on Geochemistry, Vol. 3, Elsevier, Amsterdam.

Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.

Taylor, S.R. y McClelland, S.M., 1985. The Continental Crust: its Composition and Evolution. Blackwell, 312pp.

b) *Los sistemas cuarzo-feldespáticos como ejemplos de equilibrios de fase en la corteza y distribución de elementos mayoritarios (Tema 4 y 5 del programa analítico).*

Cox, K.G., Bell, J.D. y Pankhurst, R.J., 1979. The interpretation of Igneous Rocks. George Allen & Unwin, 445pp.

Ehlers, E.G., 1972. The Interpretation of Geological Phase Diagrams. Freeman, 280pp.

Johannes, W. y Holtz, F., 1996. Petrogenesis and Experimental Petrology of Granitic Rocks. Springer-Verlag, 335pp.

Wood, B.J. y Fraser, D.G., 1978. Elementary Thermodynamics for Geologists. Oxford, 303pp.

c) *Los elementos traza en la corteza terrestre (Temas 6 y 7 del programa analítico).*

Albarede, F., 1995. Introduction to Geochemical Modelling. Cambridge University Press, 543pp.

Allegre, C.J. y Hart, S.R. (Eds.), 1978. Trace elements in Igneous Petrology, Elsevier, 272pp.

d) *Geoquímica isotópica (Temas 8 y 9 del programa analítico).*

De Paolo, D.J., 1988. Neodymium Isotope Geochemistry. An Introduction. Springer, 187pp.

Dickin, A.P., 1995. Radiogenic Isotope Geology. Cambridge University Press, 452pp.

Faure, G., 1986. Principles of Isotope Geology, (2nd.Ed.). John Wiley, 589pp.

Faure, G. y Mensing, T.M., 2005. Isotopes. Principles and Applications. John Wiley & Sons, Inc., 897pp.

e) *Geoquímica de rocas sedimentarias. (Temas 11, 12 y 13 del programa analítico).*

Faure, Gunter, 1991. Principles and applications of Inorganic Geochemistry, Macmillan Publishing Company, New York, 629 pp

Henderson, P., 1984. Inorganic Geochemistry. Pergamon, 353pp.

Krauskopf, K.B. y Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemistry (3rd.Ed). McGraw International Editions, 647pp.

Richardson, S.M. y Miesch Jr., H.Y., 1989. Geochemistry. Pathways and Processes. Prentice Hall, 488pp.

Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.

Tucker, M.(ed). 1990. Techniques in Sedimentology. Blackwell Sci. Publ. 394 pp.

f) *Geoquímica de la hidrosfera, atmósfera y suelos (Temas 14, 15, 16, 17, 21 y 22).*

Appelo, C.A.J. y Postma, D., 1996. Geochemistry, Groundwater and Pollution. Balkema, 535 pp

Custodio, E y Llamas, M. R: "Hidrología subterránea". Ed. Omega. Barcelona 1983.

- Faure, Gunter, 1991. Principles and applications of Inorganic Geochemistry, Macmillan Publishing Company, New York, 629 pp
- Figueruelo, J y Dávila, M, 2004. Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales, Editorial Reverté, 591pp.
- Foster, S. y R. Hirata (1988): "Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas". CEPIS-OPS-OMS. Lima
- Foster, S y D. Caminero Gomes, 1989. Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas una evaluación de métodos y costos, Cepis/OPS/OMS: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/repind46/monito/monito.html>
- Gill, R., 1996. Chemical Fundamentals of Geology, (2nd.Ed). Chapman & Hall, 290pp.
- Krauskopf, K.B. y Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemistry (3rd.Ed). McGraw International Editions, 647pp.
- Orozco Barrenetxea, C, Pérez Serrano, A, González Delgado, M.N, Rodríguez Vidal, F, Alfayate Blanco, J.M., 2003. Contaminación Ambiental, Una visión desde la Química. Thomson
- Rollinson, H., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, 352pp.
- Tolgyessy, J. (ed.), 1993. Chemistry and Biology of Water, Air and Soil. Environmental Aspects.
- Air Quality, Thad Godish, Lewis Publishers, 1991. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 20th edition. APHA.
- Manual on water-quality monitoring. Planning and implementation of sampling and field testing, World Meteorological Organization. WMO N° 680
- Instituto argentino de racionalización de materiales (IRAM). Traducción de la Norma ISO 5667-11. Water Quality Sampling Part 11: Guidance on sampling of groundwaters. First edition, 1993-03-15

g) *Geoquímica orgánica* (Tema 18).

- Brown, Th; LeMay, Jr; Bursten, By Burdge, J; Química. La ciencia central, 9^a edición, Ed Pearson. Prentice Hall.
- Connel, D. W., 1997. Basic Concepts of Environmental Chemistry. Lewis Publishers
- Hunt, J, 1979. Petroleum Geochemistry and Geology. W.H. Freeman and Company. 617pp
- Morrison, R.T. y Boyd, R.N.; Química Orgánica, 5^a. Edición, Ed. Addison Wesley Longman de México, S.A. de C.V., México, 1998.
- <http://www.quimicaorganica.org/libros/morrison-boyd.html>
- <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>
- <http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/>
- <http://organica1.org>

h) *Geoquímica ambiental* (Temas 19 y 20).

- Auge (2005) Hidrogeología Ambiental. Universidad nacional de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas.
- CAS de ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
- Campos V.; Büchler M. (2005). Removal of chromate from drinking water using powder carbon steel. Environ Geol 47: 926–930.
- Connel, D. W., 1997. Basic Concepts of Environmental Chemistry. Lewis Publishers



- Dickson, T.R.. Química. Enfoque Ecológico. Ed. Limusa
- Figueruelo, J y Dávila, M, 2004. Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales, Editorial Reverté
- Geological Survey of Japan Open File Report N°419. Atlas of Eh-pH diagrams, Mayo 2005.
- Gunnar Nordberg. Metales: Propiedades químicas y tóxicas, en Enciclopedia de Salud y la Seguridad en el Trabajo.
- Orozco Barrenetxea, C, Pérez Serrano, A, González Delgado, M.N, Rodríguez Vidal, F, Alfayate Blanco, J.M., 2003. Contaminación Ambiental, Una visión desde la Química. Thomson
- Spiro, T y Stigliani, W, 2005. Química Medioambiental. Segunda edición. Pearson Prentice Hall. 504 pp.

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.

El dictado de la materia abarca desde el mes de abril hasta el mes de noviembre incluido. El primer semestre (de abril a julio) se centra en el estudio de la geoquímica endógena (unidades temáticas 1 a 10) cuyo responsable es el Dr. Carlos W. Rapela. El segundo semestre (agosto a noviembre) se focaliza en la geoquímica exógena (unidades temáticas 11 a 22), y la docente responsable es la Lic. Claudia Merodio. Las visitas a los laboratorios están previstas para los meses de agosto (Laboratorio de ^{14}C) y noviembre (laboratorio de análisis de hidrocarburos). Los seminarios serán intercalados durante el segundo semestre.

11- Autoevaluación periódica.

La materia tuvo desde su origen un número reducido de alumnos, con un solo docente (un Profesor Titular, con dedicación simple), por lo cual nunca se realizó una autoevaluación. Esta situación se está revirtiendo en tiempos recientes (2011 y 2012), con un número cercano a 10 alumnos por curso. En el curso 2012 se ha introducido un cambio importante en el contenido del programa, con la introducción de la geoquímica exógena, cambio que había sido solicitado en el pasado, y que no se había podido cristalizar por carecer de personal calificado en esta rama de la geoquímica. Esto se ha normalizado actualmente, con un programa balanceado entre temas de geoquímica endógena (primer semestre) y temas de geoquímica exógena (segundo semestre) y la incorporación de un profesor adjunto. Se piensa que en dos años de aplicar esta modalidad, será necesario evaluar los cambios producidos, y programar un eventual mejoramiento de la enseñanza de acuerdo a los resultados que se encuentren.

La Plata, 16 de abril de 2012-04-16

Dr. Carlos W. Rapela

Profesor Titular de Geoquímica Avanzada



EXPEDIENTE N° 1000-010212/2012

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Y MUSEO**

Calle 122 y 60 – 1900 – La Plata – Argentina
////La Plata,

30 NOV 2012

VISTO:

Que por las presentes actuaciones se tramita la presentación de la Dr. Carlos Rapela del Programa de la asignatura de Geoquímica avanzada para el presente ciclo lectivo (año 2012);

CONSIDERANDO:

Que el Consejo Consultivo Departamental de Geología y Geoquímica y la Comisión de Enseñanza sugieren aprobar el presente programa;

ATENTO:

A las atribuciones conferidas por el Cap.IV art. 82° inciso 4) del Estatuto de la UNLP;

POR ELLO:

LA DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

“Ad-referendum” del Consejo Directivo

RESUELVE:

ARTICULO 1°.- Aprobar el presente Programa de la asignatura Geología y Geoquímica presentado por el Dr. Carlos Rapela para el presente ciclo lectivo 2012.-

ARTICULO 2°.- Regístrese por Secretaria Administrativa. Pase a convalidación del Consejo Directivo. Cumplido notifíquese al Dr. Carlos Rapela. Tome conocimiento la Dirección de Profesorado y Concursos. Hecho procédase a su oportuno Archivo en la Biblioteca del Museo-

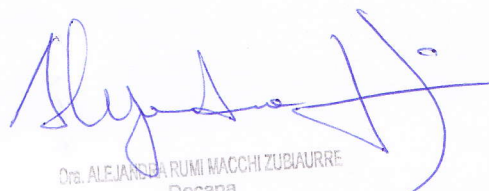
d.g.

f.b.m.

RESOLUCION N°

628-12


Dra. MARÍA GABRIELA MORGANTE
Secretaria Asuntos Académicos
Fac. Cs. Naturales y Museo


Dra. ALEJANDRA RUMI MACCHI ZUBIAURRE
Decana
Facultad Cs. Naturales y Museo