



*Universidad Nacional de Salta*  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
*Escuela de Posgrado*  
AVENIDA BOLIVIA 5150  
4400 - SALTA  
REPÚBLICA ARGENTINA  
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

SALTA, 25 de febrero de 2015  
EXPEDIENTE N° 11.065/2014

R-CDNAT-2015 N° 067

**VISTO:**

Las presentes actuaciones relacionadas con el dictado del Curso de Posgrado, titulado: "APLICACIONES AMBIENTALES DE LA HIDROGEOQUIMICA", en el marco de los cursos programados para el Doctorado en Ciencias Geológicas; y

**CONSIDERANDO:**

Que el dictado de este Curso estará a cargo del Dr. Eduardo Eleuterio MARIÑO, Profesor Adjunto de la cátedra Geología General, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de la Pampa, y del Dr. Rodolfo GARCIA, Profesor Adjunto de la cátedra Geología de los Recursos Hídricos, de la Facultad de Ciencias Naturales de la UNSa;

Que se llevará a cabo durante los días 18 al 22 de mayo de 2015;

Que el presente Curso es de Posgrado, tiene una carga horaria de 60 horas, (40 hs. teóricas y 20 hs. prácticas);

Que este Curso tiene por objetivo introducir a los participantes en la utilización de la interpretación hidrogeoquímica como herramienta de estudio de sistemas hídricos, tanto en condiciones naturales como modificada por actividades antrópicas;

Que la evaluación será conceptual teórica al final del curso y se evaluarán los trabajos prácticos realizados;

Que está dirigido a Geólogos, Ingenieros en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Ingenieros Agrónomos e Ingenieros Civiles, Ingenieros Químicos y Bromatólogos. Cupo Máximo: 40 (cuarenta) participantes, mínimo: 20 (veinte);

Que a fs. 30 obra Dictamen de la Comisión Académica del Doctorado en Ciencias Geológicas que aconseja aprobar el dictado de este Curso de Posgrado;

Que a fs. 30 vta. obra Informe de la Dirección Administrativa de la Escuela de Posgrado que observa el incremento en los costos del pasaje en avión Santa Rosa (La Pampa) – Salta – Santa Rosa (La Pampa);

Que a fs. 31 obra Dictamen de la Comisión de Docencia y Disciplina que aconseja: " 1) **Aprobar el dictado del curso de posgrado "Aplicaciones ambientales de la hidrogeoquímica", a dictarse entre los días 18 al 22 de mayo de 2015, la carga horaria, la programación didáctica del curso y los contenidos propuestos; 2) Designar como profesores a cargo del curso al Dr. Eduardo Mariño de la UNLP y el Dr. Rodolfo García (UNSa); 3) Con respecto a la propuesta de arancelamiento de fs. 1 y teniendo en cuenta la observación realizada a fs. 30 por la Sra. María Elena Rodrigo, Directora Administrativa de la Escuela de Posgrado de esta Facultad, sobre el costo mayor de transporte del Dr. Mariño y a la posible actualización de costos ya que el curso se dictará en mayo de 2015, se debería aumentar el número mínimo de estudiantes o aumentar el costo de la matrícula de inscripción, para solventar la totalidad de gastos ocasionados por el dictado del curso; 4) Autorizar a la Secretaría Administrativa Académica de esta Facultad a realizar el cobro de la matrícula final de inscripción.**"

Que a fs. 32 y 32 vta. rola Despacho N° 019/15 de Consejo y Comisiones que informa que el Consejo Directivo de esta Facultad en su Reunión Ordinaria N° 22-14 del 16 de diciembre de 2014, APROBÓ el Despacho de la Comisión de Docencia y Disciplina con MODIFICACIÓN EN EL PUNTO 2 donde dice designar debe decir Aceptar (modificación que



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
*Escuela de Posgrado*  
AVENIDA BOLIVIA 5150  
4400 - SALTA  
REPÚBLICA ARGENTINA  
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 11.065/2014

R-CDNAT-2015 N° 067

fuera aprobada retratando el expediente); Asimismo APROBÒ la moción de aumentar el costo de la matrícula de inscripción con los siguientes valores: - Alumnos de posgrado, docentes e investigadores de la UNSa \$1500

- Profesionales de otras reparticiones y empresas \$1800; y solicita la emisión de la presente;

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
(En su Reunión Ordinaria N° 22-14 del 16 de diciembre de 2014)

**RESUELVE:**

**ARTICULO 1°.- AUTORIZAR** el Dictado del Curso de Posgrado N° 2/15, titulado: "**APLICACIONES AMBIENTALES DE LA HIDROGEOQUIMICA**", organizado por la Carrera de Posgrado Doctorado en Ciencias Geológicas, a cargo del Dr. Eduardo Eleuterio MARIÑO, Profesor Adjunto de la cátedra Geología General, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de la Pampa, y del Dr. Rodolfo GARCIA, Profesor Adjunto de la cátedra Geología de los Recursos Hídricos, de la Facultad de Ciencias Naturales de la UNSa.

**ARTICULO 2°.- APROBAR** carga horaria, objetivos, programa, bibliografía, cupo y demás aspectos particulares del mismo, que obran en fs. 1 a 6 de estas actuaciones y que como Anexo I forman parte de la presente.

**ARTICULO 3°.- INDICAR** que este curso tiene una carga horaria total de 60 horas, 40 hs. teóricas y 20 hs. prácticas. Con evaluación final. Porcentaje de asistencia mínimo requerido 80%.

Se llevará a cabo entre los días 18 al 22 de mayo de 2015.

Está dirigido a Geólogos, Ingenieros en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Ingenieros Agrónomos e Ingenieros Civiles, Ingenieros Químicos y Bromatólogos. Cupo Máximo: 40 (cuarenta) participantes, mínimo: 20 (veinte).

**ARTICULO 4°.- FIJAR** los aranceles de inscripción a este Curso como se indica a continuación:

- \$1500 (pesos un mil quinientos): Alumnos de Posgrado, docentes e investigadores de la UNSa.

- \$1.800 (pesos un mil ochocientos): Profesionales de otras reparticiones y empresas.

El arancel deberá ser abonado por cada uno de los interesados en la Dirección Administrativa Económica de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta.

Las inscripciones deben registrarse en la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales de la UNSa.

**ARTICULO 5°.- PRESTAR CONFORMIDAD** para que el Dr. Rodolfo Fernando GARCIA, actúe como Coordinador Académico de este Curso de Posgrado.



*Universidad Nacional de Salta*  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
*Escuela de Posgrado*  
AVENIDA BOLIVIA 5150  
4400 - SALTA  
REPÚBLICA ARGENTINA  
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

**EXPEDIENTE N° 11.065/2014**

**R-CDNAT-2015 N° 067**

**ARTICULO 6°.- ESTABLECER** que en caso de existir un excedente financiero operativo (por sobre el presupuesto estimado), el 5% de este excedente se imputará a la cuenta Ingresos No Tributarios – Derechos, de la Facultad de Ciencias Naturales, mientras que el 95% restante quedará a disposición de la Facultad de Ciencias Naturales, hasta que la Comisión de Hacienda y Presupuesto decida al respecto. La retención deberá realizarse de acuerdo al Art. 2 de la Resolución CS 122/03.

**ARTICULO 7°.- HÁGASE SABER** a quien corresponda, remítanse copias a la Escuela de Posgrado, Dirección Administrativa Económica, Tesorería General de la Universidad y siga a la Escuela de Posgrado para que a través de los Directores del Curso, una vez concluido el dictado del mismo, informen la nómina de participantes y los resultados obtenidos.

**ARTICULO 8°.- PUBLÍQUESE** en la página de Internet de la Universidad Nacional de Salta. cng/MER

Lic. MARIA MERCEDES ALEMAN  
SECRETARIA ACADÉMICA  
Facultad de Ciencias Naturales

M. Sc. Lic. ADRIANA E. ORTÍN VUJOVIĆ  
DECANA  
Facultad de Ciencias Naturales



*Universidad Nacional de Salta*  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
*Escuela de Posgrado*  
AVENIDA BOLIVIA 5150  
4400 - SALTA  
REPÚBLICA ARGENTINA  
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

# **ANEXO I**

## **Res. R-CDNAT-2015 N° 067**



Universidad Nacional de Salta  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
Escuela de Posgrado  
AVENIDA BOLIVIA 5150  
4400 - SALTA  
REPÚBLICA ARGENTINA  
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 11.065/2014

R-CDNAT-2015 N° 067

CURSO DE POSGRADO  
APLICACIONES AMBIENTALES DE LA HIDROGEOQUIMICA

**Fundamentación**

El agua es un recurso natural esencial para el desarrollo de la vida humana. Las principales fuentes de extracción son los cuerpos de agua superficiales y los embalses subterráneos. Los embalses subterráneos o acuíferos son formaciones geológicas que permiten la circulación del agua por sus poros, grietas y/o cavidades interconectadas. La explotación del agua del subsuelo se efectúa generalmente mediante pozos, donde se instala una bomba sumergible que capta el agua almacenada. El recurso así obtenido puede satisfacer la demanda de abastecimiento a poblaciones, industrias, riego de cultivos o simplemente cubrir las necesidades hídricas a nivel domiciliario rural.

Las principales limitantes para su aprovechamiento son la existencia de una formación geológica portadora y transmisora del agua, la profundidad a que se encuentra esta unidad y la calidad del recurso hídrico (físicoquímica y bacteriológica). La calidad depende tanto de factores naturales como antrópicos. Los primeros están vinculados al Ciclo Hidrológico y los segundos, a la acción directa e indirecta del hombre sobre el recurso. El Ciclo Hidrológico comprende el movimiento o transferencia de las masas de agua de un sitio a otro en el Planeta y el cambio de un estado físico a otro: líquido (agua de lluvia, ríos, lagos, acuíferos, etc.), sólido (nieve, hielo y granizo) y gaseoso (vapor de agua).

A lo largo del Ciclo Hidrológico, el agua participa en procesos de origen natural, y así también es afectada por la actividad del Hombre, que se manifiesta de diversas formas. En particular cabe citar la agricultura como un ejemplo de actividad que afecta directamente la calidad del agua subterránea. La utilización de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, etc., incorpora elementos que intervienen en los procesos químicos que se desarrollan en el suelo, en los que participa el agua. Los efluentes industriales o domésticos que llegan a infiltrar a través del terreno, constituyen también una fuente de incorporación de elementos que pueden resultar en una disminución de la calidad del agua. Si por tal situación se debe suspender el uso que a la que estaba destinada, se dice que la misma ha sido contaminada para ese uso o fin.

El tipo, extensión y duración de las alteraciones en la calidad del agua dependen del tipo de influencia que ejerzan las actividades humanas, de los procesos geoquímicos, físicos y biológicos que tengan ocurrencia en el suelo y el subsuelo y de las condiciones hidrogeológicas existentes.

La hidrogeoquímica, que atiende al flujo de agua como vehículo de transporte de las características físico-químicas, químicas e isotópicas, constituye una disciplina fundamental para el conocimiento de los ambientes hidrogeológicos, ya que la identificación y explicación de la distribución espacial y la variación temporal de la composición del agua pueden informar sobre los procesos naturales y/o las actividades antrópicas que influyen cualitativamente sobre un sistema hídrico. Dicho alcance hace que desempeñe un rol relevante en la comprensión de los problemas de calidad y contaminación del agua y también en la definición de algunas características hidrogeológicas (recarga, tiempos de residencia, sistemas de flujo, etc.).

Así, la hidrogeoquímica adquiere una notable dimensión ambiental y su conocimiento resulta de interés para distintas profesiones vinculadas, directa o indirectamente, a la temática hidrológica.



R-CDNAT-2015 N° 067

**Objetivos del Curso**

Introducir a los participantes en la utilización de la interpretación hidrogeoquímica como herramienta de estudio de sistemas hídricos, tanto en condiciones naturales como modificada por actividades antrópicas. Los objetivos específicos son:

- Suministrar un marco conceptual básico sobre química de aguas.
- Brindar herramientas para el tratamiento de datos hidroquímicos.
- Discutir aspectos prácticos del procedimiento de muestreo de aguas.
- Orientar en la identificación de los principales procesos responsables de la evolución hidrogeoquímica.
- Vincular la calidad y contaminación de aguas con distintos escenarios naturales y antrópicos.

**Contenidos**

**Teóricos**

MÓDULO 1: Introducción. Hidroquímica e hidrogeoquímica: conceptos y alcances. El ciclo del agua y el origen de su composición. Características físico-químicas del agua: sustancias disueltas (iones principales, menores y elementos traza), valores típicos en distintos ambientes. Conceptos de termodinámica. Especiación química.

MÓDULO 2: Datos Hidroquímicos. Representatividad de las muestras: redes y procedimientos de muestreo. Determinación de parámetros "in situ". Análisis químico: expresión de la concentración y pruebas de consistencia. Tratamiento de datos hidroquímicos: análisis gráfico y estadístico (mapas, diagramas y relaciones iónicas más usuales).

MÓDULO 3: Interpretación Hidrogeoquímica. Equilibrio químico y estado de saturación. Principales procesos de interacción agua-roca: disolución-precipitación mineral, sistema carbonatado, hidrólisis de silicatos, intercambio catiónico, reacciones redox. Evolución hidrogeoquímica y su relación con el flujo subterráneo. Introducción a los modelos hidrogeoquímicos inversos.

MÓDULO 4: Calidad y Contaminación de Aguas. Criterios y normas de calidad del agua para distintos usos: parámetros físico-químicos y bacteriológicos, niveles guía. Modos de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Actividad antrópica y fuentes de contaminación: principales contaminantes de origen urbano, rural e industrial. Caracterización hidrogeoquímica de distintos escenarios naturales y antrópicos. Estudio de casos.

**Prácticos**

- Práctico 1: Unidades. Conversiones. Cálculos más comunes. Resolución de casos reales.
- Práctico 2: Tratamiento de datos hidroquímicos. Análisis gráfico y estadístico. Relaciones iónicas más usuales. Interpretación Ambiental. Resolución de casos reales.
- Práctico 3: Evolución hidrogeoquímica. Interpretación de datos y resolución de problemas en sistemas ambientales simples y complejos reales.
- Práctico 4: Calidad y Contaminación. Aplicaciones ambientales reales mediante el estudio de casos (Parte I).
- Práctico 5: Calidad y Contaminación. Aplicaciones ambientales reales mediante el estudio de casos (Parte II).



R-CDNAT-2015 N° 067

**Metodología**

Los contenidos se desarrollarán a partir de casos reales, que sirvan como base para la identificación de los temas de aprendizaje y la búsqueda, selección y análisis crítico de la información necesaria. Se fomentará el trabajo y discusión en grupos reducidos.

**Evaluación**

Se realizará una evaluación conceptual teórica al final del curso y se evaluarán los trabajos prácticos realizados.

**Requisitos de aprobación del curso**

Se otorgará certificado de asistencia a los alumnos que alcancen el 80% de asistencia a clases. Se otorgará certificado de Aprobación a los alumnos que se encuentren inscriptos en carreras de Doctorado y Maestrías, previa evaluación escrita.

**Bibliografía**

- Appelo, C. y D. Postma. 1993. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Balkema, 536 pp.
- Appelo, C. y D. Postma. 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. 2° Edición. Taylor & Francis, Londres, 668 p.
- Auge, M., 2004. *Hidrogeología Ambiental I y II*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-UBA. Disponible en (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15910>).
- Custodio, E. y M. R. Llamas (Eds.). 1983. *Hidrología Subterránea*. (2 tomos). Omega, 2350 pp.
- Drever, J.I. 1997. *The geochemistry of Natural Waters*. Prentice Hall, 3ª ed. 436 pp.
- Drever, J.I., 1982. *The Geochemistry of Natural Waters*. Prentice-Hall Inc., 387 pp.
- Doménico, P. A. & Schwartz, F. W. 1998. *Physical and chemical hydrogeology*. Wiley, 502 pp.
- Escuder, R; Fraile, J; Jordana, S; Ribera, F; Sánchez Vila, X y Vázquez Suñé, E., 2009. *Hidrogeología. Conceptos básicos de hidrología subterránea*. Ediciones FCIHS. Barcelona. 768 p.
- Fetter, C. W. 2001. *Applied Hydrogeology*. Prentice-Hall, 4ª ed., 598 pp.
- Fetter, C. W. 1998. *Contaminant Hydrogeology*. Prentice-Hall, 2ª edición, 500 pp.
- Fitts, C. R. 2002. *Groundwater Science*. Elsevier, 450 pp.
- Freeze, R. A. Y J. A. Cherry. 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, 604 pp.
- Foster, S., R. Hirata, D. Gomes, M. D' Elia y M. Paris. 2003. *Protección de la Calidad del Agua Subterránea*. Ed. Mundi-Prensa. BancoMundial. Disponible en [http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/336486175813625542/GroundwaterQualityProtectionGuide\\_Spanish.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/336486175813625542/GroundwaterQualityProtectionGuide_Spanish.pdf).
- García Maurizzio, R.F. 2013. *Geología de los Recursos Hídricos*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Argentino. AIH-GA. Universidad Nacional de Salta. ISBN 978-987-27407-2-6.
- Hem J.D., 1992. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters*. U.S.G.S. Water-Supply Paper 2254, fourth printing, 263 pp.
- Hiscock, H. 2005. *Hydrogeology. Principles and practice*. Blackwell, 389 pp.
- Kehew, A.E. 2001. *Applied Chemical Hydrogeology*. Prentice Hall, 368 pp.
- Langmuir, D. 1997. *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice-Hall, 600 pp.
- Lloyd, J.W. y J.A. Heathcote. 1985. *Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater*. Claredon Press, 296 pp.
- Marsily, G. 1983. *Hydrogéologie quantitative*. Pub. CIG; ENSMP, Paris.
- Narasimhan, T.N. 1982. *Recent trends in Hydrogeology*. The Geological Society of America, Special Paper, 189.

Plummer, L. N., E. C. Prestemon y D. L. Parkhurst, 1994. *NETPATH (Version 2.0) A interactive code for modeling net geochemical reactions along a flow path*. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 94-4169, 130 pp.