



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

CÓRDOBA, 15 MAR 2010

VISTO:

El Expte. de la Universidad Nacional de Córdoba N° 0010600/2009 por el cual el Dr. Edgardo A. BALDO, Director de la Carrera del DOCTORADO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS, solicita autorización para el dictado del Curso de Posgrado "HIDROGEOLOGÍA GENERAL Y AMBIENTAL", de 60 horas de duración, a dictarse en la segunda semana de Septiembre de 2009, en esta Facultad; y

CONSIDERANDO:

Lo aconsejado por la Carrera del DOCTORADO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS;

Que cuenta con el aval de la SECRETARÍA ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO ÁREA CIENCIAS NATURALES a fs 12 vta;

La autorización conferida por el H. Consejo Directivo, Texto Ordenado Resolución N° 1099-T-2009;

EL DECANO DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

RESUELVE:

Art. 1º.- Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "HIDROGEOLOGÍA GENERAL Y AMBIENTAL", de 60 hs de duración, a dictarse en la segunda semana de Septiembre de 2009, en esta Facultad;

Art. 2º.- Designar como disertantes a:

- Dr. Carlos SCHULZ (Universidad Nacional de La Pampa)

Art. 3º.- Otorgar a este Curso validez para la Carrera del DOCTORADO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS.

Art. 4º.- Designar como Responsable Académico y Administrador de los fondos al Dr. Edgardo A. BALDO.



A. DATOS GENERALES DEL CURSO:

1. Denominación del Curso:

Hidrogeología General y ambiental

2. Unidad Académica Responsable:

.....

3. Duración:

1 semana

4. Carga horaria:

Carga horaria: 60 hs

Horas teóricas presenciales: 40

Prácticas: 20

5. Destinatarios del Curso:

Profesionales en cualquier rama de las Ciencias Exactas, Físicas o Naturales, Ingenieros y otros, que quieran adquirir una especialización profesional en gestión de recursos hídricos Subterráneo. Titulados Superiores que deseen realizar una Tesis Doctoral en temas del agua.

6. Cupo:

CUPO MAXIMO, 20 personas

7. Certificaciones a otorgar:

Sólo se otorgará certificación de aprobación del Curso. Los certificados se expedirán conforme al formato vigente.

8. Docentes a cargo

Carlos Juan Schulz

B. PROGRAMACIÓN DIDÁCTICA DEL CURSO:

1. 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 o estratos que permiten la circulación del agua por sus poros o grietas. La explotación del agua del subsuelo se efectúa generalmente mediante pozos, donde se instala una bomba sumergible que capta el agua circulante. 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 la formación geológica portadora y transmisora, la profundidad a que se encuentra y la calidad (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 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).



Se puede suponer que el Ciclo se inicia cuando parte del vapor de agua de la atmósfera se condensa y da origen a precipitaciones en forma de lluvia o nieve. No toda el agua precipitada alcanza la superficie del terreno: una parte se vuelve a evaporar en su caída y otra es interceptada por la vegetación, carreteras, superficies de edificios, etc, y devuelta a la atmósfera en forma de vapor.

Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda almacenada y es devuelta a la atmósfera, otra parte escurre por la superficie y otra infiltra a través del terreno. El movimiento del agua en profundidad y según su avance se denomina infiltración, percolación o escorrentía subterránea. El movimiento es muy lento y se debe fundamentalmente a la acción gravitatoria.

Parte del agua incorporada al terreno retorna a la atmósfera por la evaporación o por la transpiración de las plantas; otra parte pasa a engrosar el caudal de los ríos, alimentando su cauce o a través de manantiales.

Salvo en algunos casos particulares, la mayor parte de las aguas de escorrentía superficial y subterránea terminan en el mar. Puede entonces considerarse que los océanos son el punto final del Ciclo Hidrológico.

A lo largo del Ciclo 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, de 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 derivar en un desmejoramiento de la calidad del agua. Si por tal desmejoramiento de la calidad se debe suspender el uso que se venía haciendo del agua, se dice que la misma ha sido contaminada para ese uso.

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.

De lo anteriormente expuesto, se desprende la importancia de tener conocimiento de los sistemas acuíferos de una región con el objetivo de gestionar una correcta explotación del mismo, máxime por tratarse de una de las principales fuentes de reserva hídrica.

2. Objetivos del Curso:

*Profundizar los conocimientos básicos del agua subterránea y su relación con el medio ambiente.

3. Contenidos:

- **Introducción.** El agua en la Naturaleza. El ciclo del agua: expresión simplificada. Breve reseña de los factores que condicionan el ciclo. El ciclo hidrológico: Precipitación, escurrimiento, evapotranspiración e infiltración. Instrumental y estaciones meteorológicas. Mecanismo de la infiltración: tipos de agua en el suelo.
- **El agua en el suelo:** Clasificación y comportamiento. El balance hídrico. El agua en la zona no saturada.
- **Balance hidrológico.** Definición y fórmula simplificada. Evapotranspiración (medidas directas e indirectas). Métodos para el desarrollo del balance.
- **Agua subterránea.** Origen. Clasificación por su posición en el perfil. Características hidráulicas en las zonas: edáfica, intermedia, capilar y saturada. Propiedades de los sedimentos portadores



(porosidad, retención específica). Permeabilidad. Transmisividad. Concepto de acuífero. Condiciones del medio (isotropía, anisotropía, homogeneidad, heterogeneidad). Relación entre el agua superficial y el agua subterránea. Distribución de la hidrosfera.

- **Flujo en medio poroso.** Principios que lo rigen. Ley de Darcy (rango de validez). Flujos laminar y turbulento. Ecuación de continuidad. Flujo uniforme y variable. Flujo libre y bajo presión. Flujo radial hacia pozos.
- **Hidrodinámica.** Curvas equipotenciales (isofreáticas e isopiécicas), construcción y propiedades. Red de flujo, elaboración y clasificación por su forma en planta y perfil. Identificación de ámbitos de recarga y de descarga. Interpretación hidrodinámica cualitativa y cuantitativa. Determinación de parámetros hidráulicos. Transmisividad, permeabilidad, porosidad y almacenamiento. Métodos empíricos, de laboratorio y de campo. Trazadores. Ensayos de bombeo (métodos de equilibrio y de variación, a caudal constante y variable). Ensayos de depresión y de recuperación. Características del pozo de bombeo y de observación. Ensayos en acuíferos libres, confinados y semiconfinados.
- **Hidrogeoquímica:** Propiedades físico-químicas y constituyentes de las agua, superficiales y subterráneas. Calidad para abastecimiento: comentario de las distintas normativas. Calidad para distintos usos (agrícolas, ganadero, industrial, recreativo, etc.). Origen y características hidrogeoquímicas de los principales constituyentes disueltos de las aguas subterráneas. Representación gráfica de los resultados.
- **Contaminación.** Modos de contaminación de las aguas subterráneas Principales agentes contaminantes.- Principales fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas. Algunos ejemplos: Residuos (líquidos y sólidos) urbanos; Contaminación agrícola; Contaminación por actividades industriales. Vulnerabilidad de acuíferos. Protección de las aguas subterráneas.
- **Normas y legislaciones,** nacionales e internacionales sobre preservación ambiental; inconvenientes para su aplicabilidad. Principios y medidas. Perímetros de protección. Monitoreo. Grado de vulnerabilidad; métodos para su determinación; ejemplos. Ejemplos locales y extranjeros de deterioro de acuíferos por sobreexplotación y contaminación.

Práctica: El curso consta de cuatro trabajos prácticos.

- Balance hídrico.
- Química del agua
- Resolución de Mapas piezométricos
- Resolución de problemas integrales del sistema Agua superficial-subterránea-ambiente con el objetivo de plantear un modelo de gestión.

4. Metodología de enseñanza

Se utilizará como metodología la resolución de situaciones problemáticas mediante la utilización de diferentes procedimientos:

- Cálculo de lámina media caída mediante distintos métodos.
- Cálculo de aforo de cursos superficiales mediante distintos métodos.
- Análisis de ensayos de bombeo, resolución de distintas situaciones piezométricas.



- Visita a una perforación, medición de niveles, aforo, toma de muestras y análisis químicos. Interpretación de análisis químicos y confección de gráficos.

5. Instancias de evaluación durante el curso:

Se evaluarán los trabajos prácticos realizados.

6. Requisitos de aprobación del curso:

Para aprobar el curso se deberá tener aprobados los trabajos prácticos, rendir una evaluación final y presentar una monografía temática siguiendo normas preestablecidas.

7. Cronograma estimativo:

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8 a 12 14-18				

8. Infraestructura y equipamiento necesarios:

Aula para la 20 alumnos, cañón para proyección y retroproyector. De ser posible una visita a una perforación.

9. Bibliografía básica:

BENITEZ, A. (1972).- "Captación de aguas subterráneas". ED. Dossat. 2ª Edición.

BRASSINGTON, R. (1988).- "Field Hydrogeology". Open University Press, John Wiley & Sons.

CASTANY, G. (1963).- "Traité pratique des eaux souterraines". Ed. Dunod (trad. castellana: Ed Omega).

CASTANY, G. (1967).- "Prospection et exploitation des eaux souterraines".Ed. Dunod (trad. castellana Ed. Omega).

CASTANY, G. (1982).- "Principes et méthodes de l'Hydrogéologie".Ed. Dunod, 238 pg.

CUSTODIO, E. Y M. R. LLAMAS (Eds.) (1983) .- *Hidrología Subterránea*. (2 tomos). Omega, 2351 pp.

DAVIS, S.N. y DE WIEST, R.J.M. (1966).- "Hydrogeology".Ed. John Wiley and Sons, (trad. castellana Ed. Ariel).

DOMENICO, P. A. & SCHWARTZ, F. W. (1998).- *Physical and chemical hydrogeology*. Wiley, 50 pp.

FETTER, C. W. (2001).- *Applied Hydrogeology*. Prentice-Hall, 4ª ed., 598 pp.

Fetter, C.W.J.R. (1980).- "Applied Hydrogeology".Charles E. Merrill. Pub. Co. (3ª ed., Prentice-Hall 1994, 691 pg.)

FITTS, C. R. (2002).- *Groundwater Science*. Elsevier, 450 pp.

FREEZE, R. A.Y J. A. CHERRY (1979).- *Groundwater*. Prentice-Hall, 604 pp.

HISCOCK, H. (2005).- *Hydrogeology. Principles and practice*.Blackwell, 389 pp.



LOHMAN, S.W. (1972).- "Ground Water Hydraulics". U.S. Government Printing Office, (trad. castellana: Ed. Ariel).

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.

PRICE, M. (2003).- *Agua Subterránea*. Limusa, 341 pp. Traducción de la edición inglesa de 1996 (*Introducing Groundwater*, Chapman & Hall, 278 pp.)
schoeller, h. (1962).- "Les Eaux souterraines". Ed. Masson.

SCHWARTZ, F. W. & H. ZHANG (2003).- *Fundamentals of Groundwater*. Wiley, 592 pp. Watson, I. & Burnett (1995).- *Hydrology. An environmental approach*. CRC Lewis, 702 pp.

TODD, D.K. (1972).- "Groundwater Hydrology". John Wiley and Sons, Inc. (trad. Ed. Paraninfo).

Hidráulica de captaciones

HALL, P. (1996) .- *Water Well and Aquifer Test Analysis*. Water Resources Pub., 412 pp. Incluye un disquette con programas para interpretar bombeos de ensayo

KRUSEMAN, G.P. & N.A. RIDDER. (1990).- *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, 377 pp.

VILLANUEVA & IGLESIAS (1984) : *Pozos y Acuíferos. Técnicas de Evaluación mediante ensayos de bombeo*, Instituto Geológico y Minero de España, 426 pp.

Construcción de captaciones

DRISCOLL, F. G. (1986).- *Groundwater and Wells*. Johnson Sreens, 1089 pp.

Hidroquímica

APPELO, C. Y D. POSTMA (1993).- *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Balkema, 536 pp.

DREVER, J.I. (1997).- *The geochemistry of Natural Waters*. Prentice Hall, 3ª ed. 436 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.

Contaminación de aguas subterráneas

Fetter, C. W. (1998).- *Contaminant Hydrogeology*. Prentice-Hall, 2ª edición, 500 pp.


Prof. Dr. ALEJANDRO T. BREWER
Secretario Académico
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA



Prof. Ing. HECTOR GABRIEL TAVELLA
DECANO
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba