



Ministerio de Cultura y Educación  
 Universidad Nacional de San Luis  
 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales  
 Departamento: Geología  
 Área: Geología

(Programa del año 2009)  
 (Programa en trámite de aprobación)  
 (Presentado el 28/09/2009 09:53:36)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
HIDROGEOLOGIA	LIC.EN CS.GEOLOGICAS		2009	2° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
GIACCARDI, ALDO DARIO	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
MORLA, PEDRO NICANOR	Responsable de Práctico	JTP Semi	20 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	2 Hs	3 Hs	Hs	5 Hs

Tipificación	Periodo
A - Teoría con prácticas de aula y campo	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
31/08/2009	04/12/2009	15	70

### IV - Fundamentación

Los factores aéreos, superficiales y subsuperficiales que intervienen en el ciclo hidrológico y que implican la conservación de los volúmenes (ecuación =0) es la primera fase del conocimiento de esta ciencia. Por lo cual es necesario entender porque se deben tener en cuenta los factores climatológicos tales como precipitación, temperatura, insolación, factores que suceden en la superficie como evaporación y transpiración y factores actuantes en el orden subsuperficial como infiltración, direcciones de flujo, velocidades y modo de yacencia de la roca almacén (acuíferos libres, semiconfinados y confinados). En el momento de conceptualizar las relaciones subsuperficiales será necesario condicionar estos elementos a los ambientes geológicos, ya que estos serán los encargados directos de la mayor parte de la distribución, disposición y movimiento de las aguas subterráneas. Y por último saber interpretar los antecedentes que se registren en una región dada y como procesar y filtrar tal información. Agregar el conocimiento de análisis de mapas hidrogeológicos, ya sean hidroquímicos, isofreáticos, isopáquicos, de vulnerabilidad de acuíferos, etc. y su modo de construcción. Con todos estos conceptos llegar a la posibilidad de realizar una prospección hidrogeológica, que es el fin último y primordial de un hidrogeólogo, ya que el recurso agua es un recurso natural factible de ser racionalmente explotado y que para ello se necesita del conocimiento acabado del comportamiento del mismo.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

- 1.- Conocer el ciclo hidrológico en general y en particular, es decir cada una de las partes intervinientes y los factores que inciden en cada una y de que forma. Saber cuales son los datos que deben recopilarse y analizar para lograr un acercamiento lo más lógico posible al equilibrio natural.
- 2.- Conocer los mecanismos de infiltración, el flujo de las aguas subterráneas y su asociación al medio geológico.
- 3.- Estimar las ecuaciones de equilibrio del sistema (Balance), mediciones específicas en pozos. Reconocer al Balance hídrico

como una forma de control de la explotación de los acuíferos.

4.- Interpretar mapas hidrogeológicos, representaciones estadísticas, químicas, etc. Interpretar los resultados locales referidos a un contexto regional, con el fin de formar un profesional que pueda prospectar, evaluar y planificar el recurso hídrico.

5.- Adquirir metodologías y técnicas para identificar, evaluar y desarrollar en forma integrada el recurso hídrico.

## **VI - Contenidos**

### **Tema 1: El Agua y Su Ciclo**

Estructura molecular del agua. Características físicas del agua. Clasificación de las aguas. Distribución del agua en la naturaleza. El ciclo hidrológico en la naturaleza. Síntesis de los factores que condicionan el ciclo.

### **Tema 2: Precipitación**

Formación, Formas, Tipos y Medición de las Precipitaciones. Aparatos de medición y Análisis Puntual de datos de precipitación. Categorías de la información de precipitación. Intensidad de lluvia. Lluvias diarias y mensuales. Análisis de lluvias mensuales y anuales. Consistencia de datos anuales de precipitación. Análisis espacial o precipitación media sobre una cuenca Hidrográfica: Método de la media aritmética, de los polígonos de Thiessen, de las Isoyetas. Relación Altura – Precipitación.

### **Tema 3: Evapotranspiración**

La evaporación. Factores que influyen en la evaporación. Transpiración o Evaporación Biológica. Evapotranspiración Real, efectiva o déficit de escurrimiento. Métodos de medida y cálculo de la evapotranspiración potencial y real: métodos directos, empíricos y semiempíricos. Balance Hídrico.

### **Tema 4: Escurrimiento Superficial**

Origen del escurrimiento superficial. El hidrograma de escurrimiento superficial y sus partes. Separación del escurrimiento de base del superficial. Cálculo del volumen y lámina escurridos superficialmente. Coeficiente de escurrimiento superficial y su importancia. El tiempo de concentración. Métodos para conocer el tiempo de concentración. Las características de la lluvia como determinantes de la forma de la crecida. El ciclo de la escorrentía superficial.

### **Tema 5: Infiltración**

Tipos de agua en el suelo. Repartición de las aguas en el suelo y subsuelo. El proceso de Infiltración. Capacidad de infiltración. Factores que influyen en la infiltración. Medida de la Infiltración. Curva de infiltración de un suelo. Curva de Infiltración acumulada.

### **Tema 6: Escorrentía Subterránea**

Acuíferos. Nivel freático. Nivel Piezométrico. Leyes de flujo del agua subterránea. Flujo laminar y flujo turbulento. Ley de Darcy. Dominio de validez de la Ley de Darcy. Trazadores: tipos y circulación. Ecuación diferencial de flujo. Superficies equipotenciales: trayectorias y líneas de corriente. Interpretación e integración con el contexto geológico. Oscilaciones del Nivel Freático: tipos y causas. Cálculo del Balance Hídrico Total.

### **Tema 7: Hidráulica de captaciones**

Introducción. Ensayos de bombeo. Métodos de equilibrio (régimen permanente): flujo radial estacionario hacia un pozo. Métodos de variación (régimen transitorio): flujo radial no estacionario hacia un pozo: Método de Theis. La simplificación de Jacob. Acuíferos semiconfinados: concepto. Características de este tipo de acuíferos. Métodos de estudio. Flujo en un campo de pozos. Flujo entre un pozo de bombeo y otro de recarga. Método de recuperación. Método de las imágenes. Método de Cooper-Jacob. Consideración sobre el cálculo del coeficiente de almacenamiento. Análisis de la gráfica de recuperación. Determinación de parámetros hidrogeológicos: cálculo de la permeabilidad (k), transmisividad (T), almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento (S).

### **Tema 8: Hidroquímica**

Composición del agua de lluvia. Aporte de sales y factores modificadores de la calidad del agua. Origen y propiedades de las sustancias disueltas: aniones, cationes, gases disueltos. Calidad del agua subterránea según usos. Relaciones entre la geología y la composición química. Análisis químicos. Análisis físico. Análisis bacteriológico Representación gráfica de los análisis químicos: diagramas columnares: Collins; diagramas triangulares: Piper; diagramas circulares, diagramas poligonales y radiantes: Stiff modificado; diagramas columnares verticales: logarítmico Schoeller-Berkaloff. Clasificación de las aguas según sus contenidos químicos: Clasificaciones simples; clasificaciones geoquímicas. Radionúclidos en el agua subterránea.

## **Tema 9: Exploración de Aguas Subterráneas.**

Relaciones hidrogeológicas: Ambientes geomorfológicos, Ambientes sedimentarios e hidrología. Importancia de la tectónica y neotectónica. Fotogeología. Métodos de prospección: hidrogeológica, geofísica, geoquímica. Estado actual del conocimiento Hidrogeológico en Argentina. Estado actual del conocimiento hidrogeológico en la Provincia de San Luis.

Tema 10: Mapas hidrogeológicos

Tipos. Mapas de isopropiedades: Techo y Base de acuífero. Mapas isopáquicos. Mapas equipotenciales. Direcciones de escorrentía. Zonas de recarga y descarga. Mapas Hidroquímicos: de conductividad, elementos químicos. Interpretación. Utilización de Sistemas de Información Geográfica (GIS). Software específicos en la confección de mapas, modelos e interpolación de datos: SURFER 6.0, AQUACHEM, FLOTPATH, MODFLOW, ETC. Uso de "Hydrogeological maps: a guide and standard legend", como estandarización de las representaciones .

## **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

Desarrollo de Trabajos Prácticos

De Gabinete:

Práctico N° 1: Análisis de distribución estadística de lluvias anuales y mensuales en la ciudad de San Luis y Cuenca superior del río V.

Práctico N° 1b: Cálculo de la precipitación media sobre una cuenca: método de la media aritmética, de las isoyetas, de los polígonos de Thiessen.

Práctico N° 2: Cálculo de evapotranspiración potencial y real: Utilización de SIG y SURFER 8.0 para el cálculo.

Determinación de déficit.

Práctico N° 3: Métodos de aforo. Análisis de hidrogramas.

Práctico N° 4: Superficies equipotenciales: representación gráfica e interpretación. Representación del área Sampacho, pcia. de Córdoba: vinculación con la neotectónica. Determinación de líneas de flujo, zonas de descarga y recarga. Utilización de SURFER 8.0.

Práctico N° 5: Ensayos de bombeo. Métodos de no-equilibrio. Fórmula de Theis. Método de Jacob. Utilización de software específicos.

Práctico N° 6: Representación de análisis químicos. Clasificación de las aguas.

Práctico N° 7: Método de recuperación de Theis. Métodos de variación.

Práctico N° 8: Elaboración de un plan de exploración.

Práctico N° 9: Realización de un mapeo hidrogeológico en el que conste: distribución pluviométrica, evapotranspiración, superficie freática o piezométrica, hidroquímica, áreas de factibilidad de explotación. Utilización de ILWIS 3.1 y SURFER 8.0.

De Campo:

2- Aforo del río Chorrillos, localidad San Roque.

6.- Recorrido por el Valle del Conlara, comparación con resultados obtenidos del mapeo realizado en gabinete, ubicación sobre el mismo de los puntos de extracción con destino a diferentes usos (riego, poblacional), zonas de descarga superficiales (manantiales). Estimación del equilibrio descarga –recarga y vida útil del acuífero.

## **VIII - Regimen de Aprobación**

1. Los Trabajos Prácticos se regularizan mediante la asistencia al 80%, la aprobación del 100% de los mismos y la correspondiente presentación de carpeta al final del Curso.

2. Se tomarán dos exámenes parciales, que se aprobarán con un puntaje de 6 sobre 10.

3. Cada examen parcial tendrá una recuperación.

4. Existirá una recuperación parcial adicional para aquellos alumnos que presenten certificado laboral.

## **IX - Bibliografía Básica**

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

[2] BENITEZ, A. (1972). "Captación de aguas subterráneas". Dossat, 2° edición.

[3] Boletín Geológico y Minero, "Hidrología Subterránea en Iberoamérica" Volumen 119, N° 1, 2008. (En Cátedra)

[4] CASTANY, G. (1971). "Prospección y explotación de aguas subterráneas". Ed. Omega. Barcelona.

- [5] CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1976) . “Hidrología Subterránea” . Omega . Tomos I y II.
- [6] DAVIS, S.N. & DE WIEST, R.J. (1971). “Hidrogeología”. Ariel. Barcelona.
- [7] FETTER, C.W.J.R. (1980). “Applied Hydrogeology”. Charles E. Merrill Pub. Co (3ª Edición, Prentice-Hall, 1994, 691 págs.).
- [8] FUNDACIÓN CENTRO INTERNACIONAL DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA (2009). “Hidrogeología”. Ed. Commission Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona, 768 págs (En cátedra)
- [9] RICHTER, W. UND LILLICH, W. (1975). “Abriss der Hydrogeologie” E. Schweizerbart´sche Verlags. Buchhandlung, Stuttgart.
- [10] TODD, D.K. (1972). “Groundwater Hydrology”. John Willey and Sons, Inc. (trad. Ed. Paraninfo).
- [11] Web Site:
- [12] <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp5.pdf>
- [13] <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp6.pdf>
- [14] <http://ing.unne.edu.ar/pub/infi.pdf>
- [15] <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>
- [16] [http://www.ncwater.org/Education\\_and\\_Technical\\_Assistance/Ground\\_Water/Hydrogeology/](http://www.ncwater.org/Education_and_Technical_Assistance/Ground_Water/Hydrogeology/)
- [17] [http://hydram.epfl.ch/VICAIRE/mod\\_3/chapt\\_8/text.htm](http://hydram.epfl.ch/VICAIRE/mod_3/chapt_8/text.htm)
- [18] [http://hydram.epfl.ch/VICAIRE/mod\\_3/chapt\\_9/text.htm](http://hydram.epfl.ch/VICAIRE/mod_3/chapt_9/text.htm)
- [19] [http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/1\\_1.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/1_1.pdf)

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] ANDREWS, R.; BARKER, R. & MENG HENG, L. (1995). “ The application of electrical tomography in the study of the unsaturated zone in chalk at three sites in Cambridgeshire, United Kingdom”. Hydrogeology Journal. Vol. 3, num 4. p: 17-31.
- [2] APPELO, C.A.J. Y POSTMA, D. (1993). “ Geochemistry, Goundwater and Pollution”. AA. Balkema Rotterdam/Brookfield.
- [3] CUSTODIO GIMENA, E. (1998). “Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre” . Inst. Tec. GeoMinero de España. Bol. Geol. Minero . Vol. 109. Nº 4. p: 13-29. Madrid.
- [4] CHOW, V.T. et al (1996). “Hidrología Aplicada”. Mc Graw Hill
- [5] JOHNSON, E. (1986). “Grounwater and Wells”. Johnson division. 2ª Edición. St.Paul, Minnesota
- [6] HEM, J.D. (1959). “Study and interpretation of chemical characteristics of natural water” U.S. Geol. Survey Water Supply paper.
- [7] LOHMAN, S.W. (1972). “Ground Water Hydraulics”. U.S. Government Printing Office (trad. Castellano edit. Ariel)
- [8] SAMPER CALVETE, F.J. (1998). “ Evaluación de la recarga por la lluvia mediante balances de agua: utilización, calibración e incertidumbres”. Inst. Tec. GeoMinero de España. Bol. Geol. Minero . Vol. 109. Nº 4. p: 31-54. Madrid
- [9] STRUCKMEIER, W.F. & MARGAT, J. (1995). “Hydrogeological maps: a guide and standard legend”. International Association of Hydrogeologists. Vol. 17. Ed. Board. Hannover
- [10] SUKHIJA, B., NAGABHUSHANAM, P. and REDDY, D. V. (1996). “Groundwater recharge in semi-arid regions of India: An overview of results obtained using tracers”
- [11] TÓTH, J. (1995). “ Hydraulic continuity in large sedimentary basins”. Hydrogeol. Jour. Vol. 3 (4). p: 4-16.
- [12] VRBA, J. & ZAPOROZEC, A. (1994). “Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability”. International Association of Hydrogeologists. Vol. 16. Ed. Board. Hannover
- [13] Web Site
- [14] [http://www.alhsud.com/castellano/articulos\\_listado.asp](http://www.alhsud.com/castellano/articulos_listado.asp)

## XI - Resumen de Objetivos

- 1.- Conocer el ciclo hidrológico en general y en particular, es decir cada una de las partes intervinientes y los factores que inciden en cada una y de que forma. Saber cuales son los datos que deben recopilarse y analizar para lograr un acercamiento lo más lógico posible al equilibrio natural.
- 2.- Conocer los mecanismos de infiltración, del flujo de las aguas subterráneas y su asociación al medio geológico.
- 3.- Estimar las ecuaciones de equilibrio del sistema (Balance), realizar mediciones específicas en pozos. Tomar el Balance hídrico como una forma de control de la explotación de los acuíferos.

4.- Interpretar los mapas hidrogeológicos, representaciones estadísticas, químicas, etc. Interpretar los resultados locales referidos al contexto regional.

5.- Adquirir competencias profesionales para prospectar, evaluar y planificar el recurso hídrico.

## **XII - Resumen del Programa**

Tema 1: Estructura molecular del agua. Características físicas del agua. Clasificación de las aguas. Distribución del agua en la naturaleza. El ciclo hidrológico en la naturaleza.. Síntesis de los factores que condicionan el ciclo.

Tema 2: Precipitación. Formas, Tipos y Medición de las Precipitaciones. Análisis de datos de precipitación. Intensidad de lluvia. Lluvias diarias, mensuales y anuales: su análisis. Análisis espacial o precipitación media sobre una cuenca Hidrográfica.

Tema 3: La evaporación. Factores que influyen en la evaporación. Transpiración o Evaporación Biológica. Evapotranspiración Real. Medida. Evapotranspiración potencial . Cálculo de la evapotranspiración potencial y real

Tema 4: Origen del escurrimiento superficial. El hidrograma de escurrimiento superficial y sus partes. Separación del escurrimiento de base del superficial. Cálculo del volumen y lamina escurridos superficialmente. Coeficiente de escurrimiento superficial y su importancia.

Tema 5: Tipos de agua en el suelo. El proceso de Infiltración. Factores que influyen en la infiltración. Medida de la Infiltración.

Tema 6: Acuíferos. Nivel freático. Nivel Piezométrico. Leyes de flujo del agua subterránea. Flujo laminar y flujo turbulento. Ley de Darcy. Determinación de parámetros hidrogeológicos: cálculo de la permeabilidad... Ecuación diferencial de flujo. Transmisividad. Almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento. Superficies equipotenciales: trayectorias y líneas de corriente.

Tema 7: Ensayos de bombeo. Métodos de equilibrio. Métodos de variación. Método de Theis. La simplificación de Jacob. Acuíferos semiconfinados: concepto. Características de este tipo de acuíferos. Métodos de estudio. Flujo en un campo de pozos

Tema 8: Composición del agua de lluvia y agua de mar. Aporte de sales y factores modificadores de la calidad del agua. Calidad del agua subterránea según usos. Relaciones entre la geología y la composición. Clasificación de las aguas según sus contenidos químicos: Clasificaciones simples; clasificaciones geoquímicas.

Tema 9: Relaciones hidro-geológicas: Ambientes geomorfológicos, Ambientes sedimentarios e hidrología. Importancia de la tectónica y neotectónica. Fotogeología. Métodos de prospección: hidrogeológica.

Tema 10: Mapas hidrogeológicos. Tipos. Zonas de recarga y descarga. Mapas Hidroquímicos Interpretación. Utilización de Sistemas de Información Geográfica (GIS). Software específicos en la confección de mapas, modelos e interpolación de datos. Uso de "Hydrogeological maps: a guide and standard legend".

## **XIII - Imprevistos**

## **XIV - Otros**

**ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA****Profesor Responsable**

Firma:

Aclaración:

Fecha: