

Carrera de Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca

Seminario: Geología e Hidrología Ambiental

1. PROGRAMA

1.1.- Plan de estudios

Los objetivos y alcances de la carrera establecen las necesidades formativas de los alumnos considerando en especial la situación de la especialidad en el ámbito profesional-laboral.

1.2.- Programa docente y su revisión

A los efectos que el alumno conozca las características de la asignatura que cursará y sus condiciones, se establece un programa de detalle y un programa analítico que se expone posteriormente considerando sintéticamente: Objetivos, Extensión, Contenido, Métodos, Programa analítico. Trabajos Prácticos, Bibliografía, Evaluaciones.

1.3.- Objetivos

La constante evolución de la ciencia y la técnica y las circunstancias de la enseñanza hacen que los programas docentes, especialmente de aquellas asignaturas que se dictan por primera vez, a veces se conviertan en solo una primera aproximación del programa ideal. Por ello el programa debe estar sujeto a la introducción de constantes mejoras de modo que se convierta en un elemento dinámico de la enseñanza.

El momento propicio para la introducción de dichas modificaciones es el final del curso. Al cabo de algunos años debe realizarse una revisión crítica y meditada, apoyada por la experiencia propia y en las observaciones de los alumnos que han cursado la asignatura.

La Geología e Hidrología Ambiental son ciencias jóvenes en rápida y constante evolución lo que requiere un permanente esfuerzo de actualización. Las revisiones del programa y de las actividades deben realizarse en forma progresiva y gradual.

La geología ambiental trata de la interacción del ser humano con el medio geológico. Este no tan solo incluye los elementos físicos de la Tierra (sedimentos, estructuras, etc.), sino también todos aquellos procesos que se dan en la superficie terrestre. Se define como una disciplina de la geología que estudia la influencia de los factores y procesos geológicos sobre el hábitat humano y su actividad, estudia los registros geológicos y establece las bases para la planificación territorial, el desarrollo sostenible y la administración eficiente y beneficiosa de los recursos.

Los objetivos de la geología ambiental son los de estudiar los impactos ambientales generados por la actividad humana en el medio geológico (aprovechamiento de recursos, emplazamiento de residuos, etc.) y los riesgos geológicos que se derivan de su coexistencia, analizar las causas de los mismos, así como proponer soluciones para su minimización y mitigación. Su importancia en el interés público estriba en asegurar el desarrollo sostenible mediante la optimización de las interacciones entre medio geológico y medio humano y constituir un elemento de uso para la planificación y gestión territorial. La geología ambiental se alimenta de las herramientas tradicionales de la geología y al mismo tiempo incorpora técnicas metodológicas de otras disciplinas ambientales como la química, la ecología, etc.

El conocimiento conceptual de la corteza terrestre y los procesos fundamentales de formación de las rocas, sedimentos y de los procesos exógenos, son básicos para asimilar la relación entre las aguas superficiales y subterráneas como medios receptores y movilizados de los contaminantes, así como para la comprensión de la naturaleza del medio geológico subterráneo.

La naturaleza y relaciones entre los diferentes acuíferos, el flujo del agua subterránea y superficial y la interacción del hombre son de particular importancia en los estudios y remediaciones ambientales.

A pesar de que el agua superficial constituye la fuente de abastecimiento de agua más común del mundo, alrededor del 97% del agua potable del mundo se encuentra almacenada en el subsuelo. Por ello hoy la atención está dirigida a los grandes recursos de agua subterránea y a las técnicas de su localización, investigación, evaluación, explotación, manejo y métodos de protección de la contaminación y de la sobreexplotación.

La Argentina no es una excepción en el panorama mundial. Posee el 70% de su territorio integrado por climas áridos y semiáridos, en donde el único e irremplazable recurso hídrico es el subterráneo y muchas veces éste es muy restringido. El conocimiento cuali-cuantitativo del recurso hídrico subterráneo resulta de singular importancia para la planificación hidrológica que involucra la elaboración de proyectos de abastecimiento de agua potable, riego, uso industrial y detección y control de la contaminación del recurso. Ante éste panorama, la contaminación de los recursos hídricos subterráneos debe considerarse como una pérdida del propio recurso ya que las tareas de remediación de acuífero no siempre son posibles y suelen ser lentas, caras y poco eficientes. La contaminación de acuíferos constituye por lo tanto es una de las principales causas de la pérdida irreversible del recurso.

Por lo señalado, el objetivo del seminario es la enseñanza de la problemática hidrológica ambiental a través de la identificación y valoración de las fuentes de contaminación, del comportamiento de los contaminantes, de los mecanismos de contaminación y de las técnicas de remediación de acuíferos, destacando la importancia de la explotación racional y la preservación de la contaminación del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento de agua.

Participación del alumno en el programa y marcha docente

El alumno, como receptor de la enseñanza impartida, está en condiciones de realizar una crítica objetiva y útil. Esta puede realizarse mediante una serie de preguntas concretas relativas al carácter de la asignatura, modo de desarrollo, evaluación de prácticas y exámenes, profesorado y sugerencias en general. El método da en general buenos resultados.

Esta contribución de los alumnos se realizará al final del curso, momento en el que su juicio respecto a las enseñanzas recibidas ya está maduro. Las sugerencias que surjan espontáneamente a lo largo del curso serán recibidas por el cuerpo docente y tratadas en reuniones de cátedra a fin de dar una respuesta apropiada o tomar las acciones pertinentes a subsanar los posibles defectos señalados.

Método de enseñanza

El método de enseñanza contempla el dictado de clases teóricas-prácticas. Se iniciará con una clásica exposición oral ante los alumnos durante un tiempo real de 45 a 50 minutos. Estas clases se desarrollarán con la ayuda de transparencias y láminas en diapositivas (tipo PowerPoint), como material didáctico tipo, tratando de evitar la toma de apuntes que le resta al alumno atención y comprensión. El alumno dispondrá, en todo caso, de fotocopias de las

transparencias expuestas y explicadas en clase para hacer anotaciones en ellas si lo considera conveniente y se indicará, si fuera el caso, la bibliografía de donde se extrajo. La clase terminará con un resumen muy breve de los principales tópicos expuestos y anticipando lo que se tratará en la clase siguiente.

Luego de un breve descanso se continuará la clase con una secuencia lógica de la teoría explicada. El alumno realizará análisis y resoluciones de situaciones reales, descripciones, dibujos, proyectos, preparará y expondrá clases simuladas ante sus compañeros, lecturas críticas de referencias bibliográficas etc.; con la permanente asistencia y orientación del docente profesor del Seminario.

Pruebas de valoración y exámenes

Se preferirá la valoración continuada del alumno al examen final de tipo general. La valoración continuada acerca más al profesor al conocimiento del alumno y le permite conocer el ritmo de asimilación de la enseñanza que imparte y fundamentar las correcciones necesarias al modo de enseñanza. No obstante, la experiencia demuestra que es necesario garantizar la asimilación de conceptos básicos mediante pruebas de evaluación.

Las pruebas de evaluación consistirán en dos exámenes parciales y un examen final. Debido a las características de ciencia aplicada de la asignatura, el carácter de los exámenes será teórico-práctico, dado que la discriminación entre teoría y práctica carece de sentido y/o resulta muy difícil de realizar en la mayoría de los temas tratados. Los exámenes tratarán cuestiones concretas conceptuales que merecen una respuesta corta y concreta o un esquema razonado. Se evitarán temas memorísticos en favor del raciocinio y de la capacidad de criterio. En este sentido resulta apropiado realizar un examen con un buen número de preguntas cortas concretas y conceptuales, a las que se le pueden añadir alguna pregunta de tipo cuantitativo cuya resolución requiera un breve razonamiento y un cálculo simple. El sistema propuesto obliga al alumno a estudiar la totalidad de los temas objeto del examen, tratando de extraer los conocimientos básicos.

Textos de base y referencias bibliográficas

Conforme la diversificación de temas que trata la materia no existe un libro de texto básico único. No obstante, existen una gran cantidad de libros de texto que tratan los principales tópicos de la asignatura con distinto grado de profundidad. A los efectos de no distraer demasiado la atención del alumno con múltiples búsquedas, se dará una lista bibliográfica especificando en cada texto los temas de interés. Esta lista deberá ser dinámica y renovarse en la medida de la aparición de nuevos textos y conforme la experiencia que se obtenga del dictado de la materia.

2. PROGRAMA DOCENTE

Objetivos

Proporcionar una visión general de los aspectos básicos y aplicados de la Geología y de la Hidrología Ambiental con un enfoque particular teniendo en cuenta las necesidades profesionales del graduado, los objetivos de la carrera en sí mismos, la formación previa del alumno y los aportes de otras asignaturas del plan de estudios de la carrera.

Se pretende además utilizar con eficiencia el tiempo lectivo asegurando la fijación de conceptos básicos, dejando de lado temas complementarios que, aunque importantes, pueden ser cubiertos por otras asignaturas, cursos de posgrado y bibliografía.

Extensión

La asignatura es cuatrimestral, previéndose 6 (seis) horas de clases teórico- prácticas semanales durante 2 semanas lo que hacen un total de 24 horas lectivas.

Contenido Sintético del Programa Analítico

Unidad 1. Geología Ambiental

Fundamentos de la Geología ambiental. Conceptos fundamentales de las ciencias ambientales. Estudios interdisciplinarios. Crisis ambiental. Ciclos de materia y energía en la geósfera. Breve repaso de los procesos geológicos internos y externos y formas de modelado del relieve. Riesgos geológicos asociados a procesos internos. Actividad volcánica: Zonas volcánicas, Flujos de lava y flujos piroclásticos. Casos históricos. Cuantificación de Peligro, Vulnerabilidad, Exposición y Riesgo. Cartografía del Riesgo. Elaboración de mapas informativos e interpretativos. Evaluación, Predicción, respuesta humana a los riesgos. Medidas preventivas estructurales y no estructurales. Riesgos geológicos asociados a procesos internos. Actividad sísmica. Zonas sísmicas, Tsunamis. Terremotos y fenómenos relacionados: Monitoreo de estructuras generadoras de sismos Casos históricos. Cuantificación de Peligro, Vulnerabilidad, Exposición y Riesgo. Cartografía del Riesgo. Elaboración de mapas informativos e interpretativos. Evaluación, Predicción, respuesta humana a los riesgos. Medidas preventivas estructurales y no estructurales. Riesgos fluviales: Inundaciones. Factores, procesos y mecanismos que los controlan. Riesgos fluviales y actividad humana. Riesgos en zonas litorales: Inundaciones, Estructuras ingenieriles de protección. Cartografía del Riesgo. Elaboración de mapas informativos e interpretativos. Evaluación, Predicción, respuesta humana a los riesgos. Medidas preventivas estructurales y no estructurales. Riesgos hídricos. Erosión fluvial y costera. Factores, procesos y mecanismos que los controlan. Riesgos fluviales y actividad humana. Monitoreo de evolución de rasgos geomorfológicos. Riesgos en zonas costeras, Erosión, Estructuras ingenieriles de protección. Cartografía del Riesgo. Elaboración de mapas informativos e interpretativos. Evaluación, Predicción, respuesta humana a los riesgos. Medidas preventivas estructurales y no estructura. Riesgos geológicos asociados a procesos externos. Deslizamientos y fenómenos relacionados: desprendimientos, avalanchas, Monitoreo de evolución de rasgos geomorfológicos, Subsidiencias, Suelos colapsables y suelos expansibles. Elaboración de mapas informativos e interpretativos. Evaluación, Predicción, respuesta humana a los riesgos. Medidas preventivas estructurales y no estructurales. Definición e importancia del suelo. Composición y estructura. Génesis y clasificación de suelos. La erosión de suelos. Desertización y desertificación. Efectos de la forestación, del laboreo con fines agrícolas sobre la estructura del suelo. Movimientos de suelos y rellenos artificiales, su influencia sobre el medio físico (hidrología, suelos, etc.) y la biota.

Unidad 2. Hidrología Ambiental

El ciclo del agua. Distribución del agua. El balance hidrológico. Componentes del ciclo hidrológico: Precipitación, evapotranspiración, interceptación vegetal, encharcamiento o detención superficial, infiltración, escurrimiento superficial y subsuperficial, recarga a los acuíferos, escurrimiento subterráneo. Usos del agua. La gestión del recurso y la Planificación hidrológica. Los recursos en la región y su gestión. Calidad del agua para consumo humano. Componentes del ciclo hidrológico. Precipitación: Medición, expresión de las medidas e instrumentos de medidas. Selección y procesamiento de datos, representación y análisis de datos. Cálculo de la lámina del agua precipitada sobre un área. Evaporación: factores que la afectan. Métodos de cálculo, equipos, fórmulas (Penman). Magnitud de las medidas. Transpiración: factores que la afectan y magnitud de los registros. Evapotranspiración: Cálculo: métodos físicos, directos y empíricos. Mediciones directas y empíricas. Cálculo de la evapotranspiración real a partir de la evapotranspiración potencial. Concepto de la

evapotranspiración potencial. Infiltración y recarga a los acuíferos: factores que la afectan, medición y expresión. Magnitudes. Esguimiento superficial: Aforos, escala limnimétrica, limnógrafos, tipos. Pautas para Emplazamiento de estaciones de aforo, estaciones de cauce natural y de tramo canalizado. Tratamiento de datos de aforo, hidrogramas fluviales. Análisis de hidrogramas: Separación de componentes de la escorrentía. Factores que afectan la forma del hidrograma. Definición de: acuífero, acuífugo, acuícludo y acuitardo. Porosidad efectiva, valores. Coeficiente de almacenamiento. Coeficiente de almacenamiento en acuíferos libres y confinados, factores que lo controlan. Magnitudes. Ley de Darcy. Gradiente hidráulico, Coeficiente de permeabilidad, permeabilidad intrínseca. Factores que controlan la permeabilidad, valores de permeabilidad en diferentes tipos de terrenos. Caudal y velocidad de flujo. Transmisividad. Tipos de acuíferos: libres, confinados y semiconfinados. Líneas equipotenciales (isopiezas) y red de flujo. Niveles piezométricos: Medición. Análisis cuali y cuantitativo de las superficies piezométricas. Oscilaciones de los niveles piezométricos del agua subterránea. Oscilaciones periódicas y no periódicas. Variaciones naturales y artificiales. Consecuencias ambientales. Relación entre el esguimiento superficial y el subterráneo. Conexión hidráulica entre los ríos y los acuíferos de una cuenca. Influencia de la geología en el régimen de un río. Almacenamiento de banco o de ribera. Fundamentos de química del agua. Forma en que se encuentran las sustancias disueltas. Expresión de las concentraciones. Solubilidad, potencial redox, disolución de gases, líquidos y sólidos. Ataque químico a los minerales, intercambio iónico, alcalinidad, disolución de carbonatos. Composición de las aguas subterráneas. Iones fundamentales y secundarios, gases disueltos, características físicas, Conductividad eléctrica, color, sabor. Características químicas y físico-químicas. Toma de muestras de agua subterránea, número y frecuencia, envases, transporte e identificación de las muestras. Análisis químico, balance de iones, errores. Presentación de un análisis químico, cálculos y comprobaciones. Principios de radio química, isótopos. Leyes de la desintegración radiactiva. Unidades de radiación, efectos biológicos de las radiaciones, irradiación y contaminación, dosis permisibles de radiación. Isotopía del agua. Radioisótopos naturales y artificiales, presencia en el agua subterránea. Sales que pueden aportar los diferentes tipos de rocas. Origen de las sustancias disueltas en el agua subterránea. Fenómenos modificadores. Evolución geoquímica de las aguas en los acuíferos. Concentración del agua de lluvia, el agua en zonas de regadío. Composición química del agua subterránea y su evolución regional. Cambios químicos en zonas costeras. Índices geoquímicos y su utilización. Composición de las aguas subterráneas en relación a la geología y litología. Variaciones temporales en la composición del agua subterránea. Clasificación de las aguas subterráneas. Determinación de parámetros hidrológicos con datos químicos. Representación gráfica de las características químicas del agua. Diagramas hidroquímicos: de Collins, Piper, circulares, de Stiff modificado y de Schoeller y Berkloff. Diagramas de dispersión. Mapas hidrogeoquímicos. Clasificación geoquímica de las aguas subterráneas: simples, por iones dominantes y de Schoeller.

Unidad 3. El agua en la zona no saturada

El agua en el suelo y subsuelo. Repartición del agua en el suelo. Porosidad, factores que la controlan, su determinación. Magnitud de la porosidad en distintos tipos de rocas y sedimentos. Tipos de agua en el suelo: retención, higroscópica, pelicular, capilar y gravífica. Coeficientes: Capacidad de campo, humedad equivalente, coeficiente de saturación, coeficiente de retención específica, punto de marchitez, porosidad eficaz. Ascenso capilar, altura de la franja capilar en los distintos sedimentos. Medición de la humedad del suelo in situ, mediante tensiómetros y sonda de neutrones. Determinación en campo y laboratorio.

Unidad 4. Contaminación del agua

Calidad del agua según su uso. Normas de potabilidad de la Organización Mundial de la Salud, EPA, Código Alimentario Argentino, Legislaciones provinciales. Características físico- químicas, bacteriológicas, biológicas y radiactivas. Calidad para usos agrícolas, ganaderos e industriales.

Clasificaciones. Contaminación de las aguas. Orígenes de la contaminación y modos de la contaminación. Tipos de contaminación por su origen: Urbana, rural, doméstica, industrial, agropecuaria, Contaminación inducida. Índices de contaminación. Eutrofización. Contaminación en la zona no saturada (ZNS): Comportamiento de los contaminantes más comunes: Nitratos, pesticidas o plaguicidas. Metales pesados. Hidrocarburos. Monitoreo y muestreos en ZNS. Contaminación de acuíferos: Fuentes: Puntual, difusa, flujo, transporte, propagación. Redes de monitoreo. Muestreo de agua y suelos, métodos, modo de transporte, frecuencia. Protección de los acuíferos contra la contaminación: Vulnerabilidad de los acuíferos. Métodos de estimación de la vulnerabilidad: DRASTIC y GOD. Procesos físico-químicos (filtración mecánica, dilución, dispersión, retardación, oxidación-reducción, adsorción y absorción, intercambio iónico), procesos bioquímicos. Comportamiento de los diferentes tipos de contaminantes: minerales, metales pesados, radiactivos, detergentes, biológicos, etc. Nociones sobre modelos matemáticos de simulación de transporte de contaminantes en zona saturada. Identificación y remediación de la contaminación. Diagnóstico. Criterios para decidir sobre la necesidad de remediación: Concentraciones existentes, movilidad ambiental, relación suelo- agua, salud de la biota y salud humana, consideraciones estéticas, límites de detección analítica, uso de la tierra. Protección de acuíferos y pozos de explotación, áreas de protección, distancias de seguridad. Protección sanitaria y abandono de pozos. Métodos de desinfección y de protección sanitaria. Abandono de pozos, sellado. Corrosión e incrustación de pozos. Tipos de incrustación. Desincrustación. Protección contra la corrosión. Técnicas para la remediación del suelo: Incineración, biocorrección, reacciones químicas, lavado, solidificación y estabilización, terraplenamiento. Factibilidad técnica para la extracción y tratamiento de agua subterránea.

Bibliografía:

- ASAGAI, 2004. Peligrosidad Geológica en Argentina, Metodologías de Análisis y Mapeo. Estudio de casos. Publicación Especial N° 4 de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. 528 pp.
- Azqueta Oyarzun, D., 1996. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw Hill Ed. España. 299 pp.
- Canter, L.W., 1997. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. McGraw Hill Ed. Madrid. 841 pp.
- Conesa Fernández-Vítora, V., 1997. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 412 pp.
- Duffus, J.H., 1983. Toxicología Ambiental. Ediciones Omega. España. 173 pp.
- González Alonso, S., 1989. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. España. 199 pp.
- Guevara Ortiz, E., Quass Weppen, R., Fernández Villagómez, G., Zepeda Ramos, O., Muñoz Hernández, E., Torres Palomino, L., 2006. Conceptos Básicos sobre Peligro, Riesgos y su Representación Geográfica. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. México. 87 pp.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), 2006. Manual básico para la estimación del riesgo. Dirección Nacional de Prevención. Lima. 73 pp.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1987. Impacto Económico y Social de los Riesgos Geológicos en España. 91 pp. y anexos.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1988. Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos. 263 pp.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989. Actuaciones para la protección de las aguas subterráneas frente a vertidos accidentales de sustancias contaminantes. 19 pp.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991. Evaluación y corrección de impactos ambientales. 301 pp.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1993. Programa nacional de estudios geoambientales aplicados a la minería. 204 pp.
- Iribarren, F. 1997. Evaluación de impacto ambiental. Su enfoque jurídico. Ed. Universo, Bs.

- As. 283 pp.
- Issar, A.S., 2003. Climate Changes during the Holocene and their Impact on Hydrological System. International Hydrology Series. Cambridge University Press. 144 pp.
- Keller, E.A., 1988. Environmental Geology. Seventh Edition. Ed. Prentice-Hall, Inc. E.U.A. 560 pp.
- Knödell, K., Lange, G. and Voigt, H.J., 2007. Environmental Geology, Handbook of Field Methods and Case Studies. Springer, Germany. 1374 pp.
- Mora Castro, S., 2012. La gestión del riesgo para enfrentar los mitos y realidades del calentamiento global antropogénico. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. Nº 28. 111 – 125.
- Moreno Grau, M.D., 1991. Depuración por lagunaje de aguas residuales. Manual de Operadores. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. España. 169 pp.
- Muñoz, D., 1989. Conceptos Básicos en Riesgo Sísmico. Física de la Tierra. Universidad Complutense de Madrid. Nº 1 – 199-215.
- Nuhfer, E.B., Proctor, R.J. y Moser, P.H., 1993. Guía Ciudadana de los Riesgos Geológicos. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. 196 pp.
- Organización de los Estados Americanos, 1993. Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. Washington D.C. 569 pp.
- Oyarzún, R. Higuera, P. y Lillo, J., 2011. Minería Ambiental, una introducción a los impactos y su remediación. Ediciones GEMM Aula2.net. 341 pp.
- Segundo Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, 2002. Notas de clases dictadas. Oficina Regional de Ciencia de la Unesco para América Latina y el Caribe Oficina de Unesco en Montevideo. Brasil. 353 pp.
- Seoánez Calvo, M., 1995. Ingeniería Medioambiental Aplicada. Casos Prácticos. Colección Ingeniería Medioambiental. Ediciones Mundi-Prensa. España. 528 pp.
- Seoánez Calvo, M., 1998. Medio Ambiente y Desarrollo: Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente. Manual para responsables, gestores y enseñantes. Soluciones a los problemas medioambientales. Colección Ingeniería Medioambiental. Ediciones Mundi-Prensa. España. 592 pp.
- Soldano, A., 2008. ¿Qué es la Susceptibilidad? Comisión Nacional de Actividades Espaciales y Departamento de Desarrollo Sostenible de la Secretaría General de los Estados Americanos. Foro Virtual de la RIMD Creado para la Capacitación en Teledetección Aplicada a la Reducción del Riesgo por Inundaciones. Córdoba, Argentina. 5 pp.
- Sruoga, P., 2002. El volcanismo reciente y riesgo asociado en la provincia de Mendoza. En Trombotto, D. y Villalba, R. (eds) IANIGLA, 30 años de investigación básica y aplicada en Ciencias Ambientales. 255-260p, Mendoza.