

### PROGRAMA DE CURSO

| Código   | Nombre  |                  |                                   |                           |
|--|---|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| CI71Y-1  | <b>Seminario: Introducción a la Hidrogeoquímica</b> |                  |                                   |                           |
| Nombre en Inglés   |   |                  |                                   |                           |
| Seminar: Introduction to Hydrogeochemistry   |   |                  |                                   |                           |
| SCT  | Unidades Docentes                                   | Horas de Cátedra | Horas Docencia Auxiliar           | Horas de Trabajo Personal |
|  | 5   | 1,5              | 0                                 | 3,5                       |
| Requisitos   |   |                  | Carácter del Curso                |                           |
| QI21A  |   |                  | Seminario de pregrado y postgrado |                           |
| Resultados de Aprendizaje  |   |                  |                                   |                           |
| <p>El objetivo del curso es capacitar al alumno en el entendimiento de las fuentes de constituyentes de aguas subterráneas naturales, pasando por los procesos geoquímicos que controlan la movilidad y especiación de cada compuesto. En base a esto, se tocan los temas del arsénico y el drenaje ácido de rocas, que pueden constituir contaminación natural o antropogénica. Además, se busca entregar conceptos básicos en el uso de isótopos ambientales para el estudio de las fuentes de agua subterránea, y los procesos físicos y químicos que ocurren en su transporte. Finalmente, se dan directrices de cómo debe realizarse un muestreo de aguas para asegurar la obtención de resultados representativos de las condiciones de terreno.</p> |   |                  |                                   |                           |

| Metodología Docente  | Evaluación General   |
|--|--|
| <p>La primera unidad temática será abordada con clases expositivas y tareas semanales. Se tomará una prueba de estos contenidos en la semana 5 de clases. El resto de las temáticas serán abordadas con clases expositivas y lectura de uno o más artículos especializados asignados a cada tema. Al final del curso cada estudiante desarrollará un proyecto con presentación, en el que aplicará los contenidos aprendidos durante el seminario.</p> | <p>Se considera 1 prueba al final de la primera unidad temática; tareas/controles de lectura semanales, y un trabajo final (proyecto).</p> |

## Unidades Temáticas

| Número  | Nombre de la Unidad  | Duración en Semanas           |
|---|--|-------------------------------|
| 1   | Conceptos básicos en hidrogeoquímica   | 5 semanas                     |
| Contenidos  | Resultados de Aprendizajes de la Unidad  | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estructura del agua</li> <li>○ Unidades de concentración</li> <li>○ Composición del agua subterránea</li> <li>○ Cálculo de Sólidos Disueltos Totales (SDT)</li> <li>○ Clasificación según SDT</li> <li>○ Fuentes de constituyentes del agua subterránea</li> <li>○ Solubilidad de componentes orgánicos e inorgánicos</li> <li>○ Condición de electroneutralidad</li> <li>○ Representación gráfica de datos de calidad de aguas</li> <li>○ Termodinámica</li> <li>○ Cinética</li> <li>○ Índice de saturación</li> <li>○ Tipos de reacciones</li> <li>○ Definición de pH</li> <li>○ Corrección por actividad</li> <li>○ Diagramas pC-pH</li> <li>○ Equilibrio ácido-base</li> <li>○ Alcalinidad</li> <li>○ Sistema carbonatado</li> <li>○ Adsorción e intercambio iónico</li> <li>○ Evolución geoquímica del agua subterránea</li> <li>○ Reacciones de óxido-reducción</li> </ul> | <p>Entender los principales mecanismos que controlan la composición y evolución geoquímica del agua subterránea.</p> | <p>Ref. 1, 3, 4, 5, y 7</p>   |

| Número  | Nombre de la Unidad   | Duración en Semanas           |
|---|---|-------------------------------|
| 2   | Arsénico en el agua subterránea   | 2 semanas                     |
| Contenidos  | Resultados de Aprendizajes de la Unidad   | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fuentes de arsénico: naturales vs. antropogénicas</li> <li>○ Implicancias para la salud</li> <li>○ Toxicología del arsénico</li> <li>○ Normativa internacional</li> <li>○ Especiación del arsénico</li> <li>○ Adsorción de arsénico</li> <li>○ Mecanismos de liberación de arsénico: aeróbicos vs. anaeróbicos</li> <li>○ Clasificación de ambientes contaminados con arsénico</li> <li>○ Situación en Chile</li> <li>○ Sistemas de tratamiento</li> </ul> | <p>Conocer las fuentes de contaminación de arsénico en el agua subterránea. Aplicar los conceptos geoquímicos aprendidos en la unidad anterior al caso específico del arsénico.</p> | Ref. 1, 4, y 6                |

| Número   | Nombre de la Unidad  | Duración en Semanas           |
|--|--|-------------------------------|
| 3  | Drenaje ácido de rocas   | 2 semanas                     |
| Contenidos   | Resultados de Aprendizajes de la Unidad  | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Producción de desechos mineros</li> <li>○ Tranques de relaves</li> <li>○ Minerales sulfurados</li> <li>○ Reacciones de producción de ácido</li> <li>○ Reacciones buffer</li> <li>○ Formación de minerales secundarios</li> <li>○ Predicción de generación de ácido</li> <li>○ Mecanismos de control de oxidación de sulfuros</li> </ul> | <p>Entender los principales mecanismos/elementos que controlan la formación del drenaje ácido de rocas, y los potenciales impactos de este fenómeno sobre el medio ambiente.</p> | Ref. 6                        |

| Número   | Nombre de la Unidad                      | Duración en Semanas  |
|--|--|--|
| 4  | Introducción a isótopos en hidrogeología | 2 semanas  |
| Contenidos   |  | Resultados de Aprendizajes de la Unidad  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Isótopos ambientales.</li> <li>○ Estándar y medidas.</li> <li>○ Fraccionamiento isotópico.</li> <li>○ Isótopos y el ciclo hidrológico.</li> </ul> |  | <p>Entender qué es un isótopo ambiental y su aplicación en el campo de la hidrogeología/hidrogeoquímica.</p> |
|  |  | Referencias a la Bibliografía  |
|  |  | Ref. 2   |

| Número   | Nombre de la Unidad            | Duración en Semanas   |
|--|--------------------------------|---|
| 5  | Muestreo de aguas subterráneas | 1 semana  |
| Contenidos   |                                | Resultados de Aprendizajes de la Unidad   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Planificación de la campaña de muestreo</li> <li>○ Materiales</li> <li>○ Medición de nivel de agua subterránea</li> <li>○ Purgado de un pozo</li> <li>○ Medición de parámetros físico-químicos in situ</li> <li>○ Muestreo de aguas para análisis de cationes</li> <li>○ Muestreo de aguas para análisis de aniones</li> <li>○ Muestreo de aguas para análisis de isótopos</li> </ul> |                                | <p>Conocer los procedimientos a llevar a cabo en una campaña de terreno de muestreo de aguas que entregue resultados fidedignos, y que permita caracterizar las aguas tal como se encuentran en su medio natural.</p> |
|  |                                | Referencias a la Bibliografía   |
|  |                                | Ref. 1, 2, 3, 4, 5, y 7   |

### Bibliografía General

1. Appelo C.A.J. and Postma D. "Geochemistry, groundwater and pollution." 2nd edition. 2005.
2. Clark I.D. and Fritz P. "Environmental isotopes in hydrogeology". 1997.
3. Domenico P.A. and Schwartz F.W. "Physical and chemical hydrogeology". 2nd edition. 1998.
4. Drever J.I. "The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments." 3rd edition. 1997.
5. Freeze A.R. and Cherry J.A. "Groundwater". 1979.
6. Lottermoser B. "Mine wastes. Characterization, treatment and environmental impacts". 2nd edition. 2007.
7. Schwartz F.W. and Zhang H. "Fundamentals of ground water". 2003.

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| Vigencia desde: | Otoño 2011       |
| Elaborado por:  | Amparo Edwards   |
| Revisado por:   | Marcelo Olivares |