

PROGRAMA DE CURSO HIDROGEOLOGÍA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Geología (DGL)					
Nombre del curso	Hidrogeología	Código	GL5213	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Hydrogeology</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	GL3201: Sedimentología, GL4205: Geoquímica					

B. Propósito del curso:

El propósito de este curso es proporcionar al estudiantado los conocimientos requeridos para identificar, distinguir, analizar y proponer soluciones en el campo de la hidrogeología.

En las Ciencias de la Tierra, los recursos hídricos han adquirido una importancia progresiva tanto en la enseñanza como en la investigación y en la labor profesional. La hidrogeología estudia las complejas interacciones de la hidrósfera con la litósfera, la atmósfera y biósfera que son resumidas en el ciclo del agua. El curso proporciona herramientas para la prospección, el análisis, la captación y la protección de los Recursos Hídricos.

Esta disciplina analiza, también, los procesos que afectan a las aguas con la salud humana, animal y vegetal, siendo una de las disciplinas fundamentales para asegurar la supervivencia y el desarrollo socioeconómico.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Caracterizar e interpretar las estructuras geológicas de una zona, a distintas escalas para proyectos de investigación científica y aplicada.

CE2: Modelar la cinemática y dinámica de los sistemas estructurales de una región, mediante soportes tecnológicos computacionales, para comprender los procesos de deformación de rocas y para la toma de decisiones en proyectos aplicados a peligros geológicos, agua y obras ingenieriles.

CE6: Analizar y evaluar los procesos geológicos (volcánicos, geoquímicos, hidrogeológicos, sedimentológicos y geomorfológicos) con fines científicos y aplicados respecto a la planificación del territorio, diseño, construcción y mantenimiento de estructuras ingenieriles.

CE7: Evaluar en terreno los recursos minerales y energéticos, para definir su distribución espacial, volumen, calidad, potencial económico y factibilidad de explotación sustentable.

CE8: Interpretar los procesos de formación de los recursos minerales y energéticos para la investigación científica y aplicada.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

CG6: Innovación

Concebir ideas viables y novedosas para resolver problemas o necesidades, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural, económico y los beneficios para el usuario.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE6	RA1: Analiza y utiliza antecedentes teóricos de hidrogeología, datos de observaciones de campo y resultados de laboratorio para explicar la posible disposición hidrogeológica basándose en los elementos geológicos, geomorfológicos y estructurales del paisaje.
CE6, CE7	RA2: Interpreta las características litológicas y del territorio para identificar los elementos y factores relevantes en la formación de acuíferos y evaluar la explotación y la sustentabilidad de los recursos hídricos identificados, en el contexto de análisis de casos y actividades de terreno.
CE6, CE8	RA3: Interpreta los procesos fisicoquímicos y biológicos que subyacen a la determinación de la calidad de las aguas, utilizando técnicas estadísticas y geoestadísticas para describir y clasificar tipos de agua en el contexto de los diferentes sistemas acuíferos estudiados.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Elabora, con redacción clara, sin errores gramaticales ni ortográficos, textos breves (respuestas donde se justifican los resultados de ejercicios) e informes de trabajo sobre el análisis de interpretación y cálculos hidrogeológicos a partir de la sistematización de observaciones e interpretación de datos.
CG3, CG5	RA5: Analiza y evalúa casos de estudio nacionales e internacionales, considerando la relevancia social y medioambiental y el carácter finito del agua en el planeta para identificar las brechas en su sustentabilidad.
CG5, CG6	RA6: Propone soluciones técnico - tecnológicas novedosas para el cuidado de los recursos hídricos que considera el uso de técnicas mixtas para recoger e interpretar información, así como la generación y exploración de ideas diversas para resolver un problema hidrogeológico.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2	Conceptos fundamentales sobre hidrogeología	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>1.1. Concepto de hidrogeología; objetivos y métodos de estudio; reseña histórica; relación con otras Ciencias de la Tierra.</p> <p>1.2. El ciclo hidrológico; el agua en la naturaleza: balances globales y continentales; usos y utilidades.</p> <p>1.3. Propiedades hidrogeológicas de los materiales; tipos de agua en el suelo y su medida; concepto de porosidad permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento y difusividad hidráulica.</p> <p>1.4. Tipos de acuíferos: acuíferos libres, confinado, semi-confinado y multicapa. Zonación vertical y horizontal de un acuífero.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Explica los principales conceptos hidrogeológicos tales como porosidad, permeabilidad y almacenamiento, en base a las distintas litologías. 2. Identifica los tipos de recursos existentes y los principios de sustentabilidad que los rigen. 3. Describe el funcionamiento global del agua y su interacción con el medio a diferentes escalas de trabajo. 4. Calcula las propiedades hidrogeológicas básicas de las diferentes litologías, a partir de ejemplos y casos de estudio. 	
Bibliografía de la unidad		[1], [2], [13].	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA4	Componentes del ciclo hidrológico	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Las precipitaciones; medida; completado y detección de errores en series pluviométricas; estimación de la precipitación media; la temperatura del aire.</p> <p>2.2. La evaporación y transpiración; la evapotranspiración potencial y real; balance de agua en el suelo.</p> <p>2.3. Escorrentía y cuenca vertiente; los aforos; el hidrograma y su descomposición; estimación de escorrentía de una cuenca.</p> <p>2.4. Infiltración; factores condicionantes; proceso de infiltración; métodos de estimación y medida; importancia de zona no saturada.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Distingue los diferentes elementos y etapas del ciclo hidrológico, así como los datos asociados a cada uno y la importancia que tienen en la naturaleza y en la sociedad. 2. Compara, clasifica y calcula los procesos que están asociados al ciclo hidrológico, considerando sus relaciones con el medio natural y antrópico basándose en los aspectos técnicos y éticos que se requieren en las diferentes situaciones. 3. Determina parámetros y procesos asociados a la relación agua superficial-agua subterránea. 4. Resuelve ejercicios sobre las variables del ciclo hidrológico, cuyos resultados explica a partir de la elaboración de textos breves, utilizando criterios de 	

	comunicación académica y profesional (redacción clara, coherencia y precisión).
Bibliografía de la unidad	[1], [2], [3], [4].

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA4, RA5, RA6	Hidráulica subterránea	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Nivel Piezométrico y piezometría de un acuífero; fluctuación piezométrica y sus causas; régimen laminar y turbulento. 3.2. La ley de Darcy; métodos de estimación y medida de permeabilidad; métodos de laboratorio; métodos de terreno; fórmulas empíricas. 3.3. Ecuación general del flujo subterráneo; régimen permanente y régimen no-permanente; régimen permanente: hipótesis de partida; pozo en acuífero cautivo; pozo en acuífero libre. 3.4. Régimen transitorio; método de Theis; simplificación de Jacob; las curvas de recuperación. 3.5. Acuíferos semi-confinados: hipótesis de partida; casos posibles; bombeos simultáneos; el método de las imágenes. 3.6. Las pruebas de bombeo: realización práctica; caudal específico y transmisividad; eficiencia y curva estadística de un sondeo.		El/la estudiante: 1. Aplica los fundamentos teóricos asociados a la circulación y almacenamiento de agua subterránea, en la resolución de ejercicios donde se utilizan datos de casos de estudio reales. 2. Compara el comportamiento del agua en los diferentes regímenes de flujo, usando las ecuaciones adecuadas a las diferentes situaciones analizadas. 3. Ejecuta operaciones de cálculos logrando generar nueva información, a fin de realizar una evaluación sobre el recurso estudiado. 4. Sintetiza la información hidrogeológica recopilada mediante el ejercicio de observación, formulando preguntas, ideas y estableciendo inputs para la elaboración de soluciones novedosas a problemas mediante el análisis de casos de estudios. 5. Analiza, de forma reflexiva, el impacto de una propuesta de solución técnica, tecnológica novedosa para el cuidado de los recursos hídricos, considerando sus efectos sobre el medio natural, cultural y social.	
Bibliografía de la unidad		[1], [2], [3], [4], [5].	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA3, RA5, RA6	Hidrogeoquímica y contaminación	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Hidrogeoquímica; la molécula de agua; principales propiedades del agua; constituyentes mayoritarios y trazas de las aguas subterráneas.</p> <p>4.2. Expresión de los resultados analíticos; representaciones gráficas; clasificaciones hidrogeoquímicas.</p> <p>4.3. La adquisición de sales y los procesos modificadores; la marca climática; la marca edáfica; la marca litológica; la marca antrópica; oxidación- reducción; precipitación-disolución; intercambios iónicos; otros procesos.</p> <p>3.7. Las aguas termales y minerales-medicinales; características; clasificación; origen; el sistema hidrogeotérmico; tipos; importancia económica.</p> <p>3.8. Calidad de las aguas subterráneas; los índices de calidad; potabilidad; aspectos legales; calidad para el uso en agricultura; calidad para uso industrial.</p> <p>3.9. Contaminación; mecanismos; factores condicionantes en la franja no saturada y en la franja saturada; los agentes contaminantes; focos potenciales de contaminación.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica y clasifica los tipos de agua, considerando su uso ya sea para consumo humano, riego y sustentabilidad de los ecosistemas, a partir del análisis reflexivo de casos de estudio. 2. Usa, según el tipo de problema que se le presenta, las unidades de medida de los constituyentes hidrogeoquímicos, aplicando técnicas estadísticas y geoestadísticas, 3. Genera y explora ideas como posibilidades múltiples y diversas para proponer una solución técnico – tecnológica novedosa, diferenciando los elementos químicos y su origen en las aguas, en el contexto de análisis de casos de estudio y actividades de terreno. 4. Interpreta datos e información hidrogeológica para determinar los procesos de contaminación y su origen, considerando su rol clave en la subsistencia de los seres humanos y sus actividades, así como para la naturaleza y el medio ambiente, a escala global y local. 	
Bibliografía de la unidad		[1], [3], [5], [6], [7].	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA3, RA5, RA6	Estudios hidrogeológicos y técnicas auxiliares	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>5.1. Inventario de puntos acuíferos; cartografía hidrogeológica; recursos y reservas; funcionamiento de acuíferos; el balance.</p> <p>5.2. Prospección geofísica en hidrogeología.</p> <p>5.3. Los trazadores e isótopos en hidrogeología y su aplicación en los estudios hidrogeológicos.</p> <p>5.4. Los manantiales; tipos de manantiales; galerías y zanjas drenantes; pozos; pozos con drenes radiales.</p> <p>5.5. Sondajes: perforación por: percusión, rotación, rotopercusión; comparación entre los distintos métodos.</p> <p>5.6. Terminación de sondajes; entubación, ranurado y cementación; empaque de gravas; desarrollo de sondajes de captación; principales métodos; ventajas e inconvenientes.</p> <p>5.7. Modelos de simulación; tipos de modelos; modelos matemáticos; modelos de gestión; otros modelos.</p> <p>5.8. Los acuíferos costeros; el contacto agua dulce-agua salada; intrusión marina; explotación de acuíferos costeros; medidas preventivas y control.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Maneja y aplica las técnicas para la localización de aguas en el subsuelo en casos de estudio que se le presentan. 2. Selecciona y usa los métodos para construir pozos y su explotación, considerando el tipo de acuífero y la sustentabilidad de los recursos hídricos identificados. 3. Selecciona las técnicas de estudio para la exploración de los recursos, considerando técnicas mixtas para recoger e interpretar información que permita resolver un problema hidrogeológico. 	
Bibliografía de la unidad		[1], [2], [3], [4], [5].	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA5, RA6	Marco legal de los recursos hídricos en Chile	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Código de Aguas e instrumentos legales complementarios. 6.2. Adquisición del derecho de aprovechamiento: Aguas superficiales, subterráneas, servidumbres e hipotecas. 6.3. Procedimientos: administrativos, técnicos, judiciales.		El/la estudiante: 1. Analiza el rol de organismos competentes a nivel nacional e internacional que generan las normas y leyes relativas a los recursos hídricos. 2. Aplica las leyes y normas existentes en Chile en materia de agua al análisis de casos reales, evaluando los procedimientos técnicos y administrativos para resolver un problema hidrogeológico.	
Bibliografía de la unidad		[8].	

E. Estrategias de enseñanza – aprendizaje:

El curso se estructura en base a distintas metodologías de enseñanza y aprendizaje, entre las que se pueden mencionar:

- Clases expositivas donde se presentan conceptos fundamentales de la sesión para luego ejecutar actividades prácticas aula.
- Análisis de casos.
- Trabajo práctico individual (ejercicios de laboratorio).
- Salida a terreno (utilización de equipo hidrogeológico de campo: sonda eléctrica, toma-muestras, medidores de conductividad, T, pH).

F. Estrategias de evaluación:

Las instancias de evaluación que se contemplan son:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Ejercicios teóricos y prácticos en los que se usan ecuaciones y se entregan soluciones a los problemas hidrogeológicos evaluados. 	Evalúa RA1, RA2, RA3, RA4.
<ul style="list-style-type: none"> Tareas asociadas a la búsqueda de una solución a un problema hidrogeológico 	Evalúa RA4, RA5, RA6.
<ul style="list-style-type: none"> Examen final 	Evalúa RA1, RA2, RA3, RA4.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía principal:

- Willis D. W. (2019). Practical Hydrogeology: Principles and Field Applications, 3rd Edition. McGraw-Hill Education, ISBN 1260116891, 9781260116892
- Hiscock, H. (2005). Hydrogeology. Principles and practice. Blackwell, 389 pp.
- Willis D. Weight (2001). Manual of Applied Field Hydrogeology, 1st Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc, ISBN: 9780070696396.
- Zekâi, Ş. (2015). Practical and Applied Hydrogeology. Elsevier Inc. ISBN 978-0-12-800075-5, 406 pp. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-14020-2>.
- Fitts, Ch. R. (2002). Groundwater Science. Ed. Academic Press. Elsevier.
- Appelo, C. & Postma, D. (2005). Geochemistry, Groundwater and Pollution. CRC Press 536 pp. <https://doi.org/10.1201/9781439833544>.
- Alexandre, P. (2021). Practical Geochemistry. Springer Textbooks, <https://doi.org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/978-3-030-72453-5>.
- Larraín, S. Aedo, M. Navarrete, K. Villarroel, C. (2010). Marco Jurídico para la Gestión del Agua en Chile. Diagnóstico y Desafíos. Chile: Programa Chile Sustentable Disponible en : <http://www.chilesustentable.net/publicacion/marco-juridico-para-la-gestion-del-agua-en-chile/>.

Bibliografía adicional:

- Domenico, P.A. & Schwartz, F.W. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology. Ed. Wiley, 502 pp..
- Wanielista, M. (1997). Hydrology and Water Quality Control 2ª edición. Ed. Wiley.
- Kruseman, G.P. & Ridder, N.A. (1990). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. International Institute for Land Reclamation and Improvement, 377 pp.
- Drever, J.I. (1997). The geochemistry of Natural Waters. Prentice Hall, 3ª ed. 436 pp.
- Hounslow, A.W. (1995) Water Quality Data: Analysis and Interpretation. CRC Press LLC, Lewis Publishers.
- Pulido Bosch A. (2007). Nociones de hidrogeología para ambientólogos. Ed. Universidad de Almería. 492 pp.

15) Custodio, E. & Llamas, M. R. (Eds.) (1983). Hidrología Subterránea. (2 tomos) Omega, 2350 pp.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2022
Elaborado por:	Linda Daniele
Validado por:	Validación académica: Valentina Flores Validación CTD de Geología
Revisado por:	Área de Gestión Curricular