

Actividad Curricular

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

ANTECEDENTES GENERAL

Facultad	Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza			
Nombre en Inglés	Surface Hydrology			
Unidad Responsable	Escuela de pregrado			
Ciclo	Básico y Disciplinar			
Línea de Formativa	Línea de formación Especializada para Ingeniería en Recursos Hídricos			
Ámbito Formativo	1. Ámbitos Ciencias Naturales y Tecnología 3. Ámbitos Transversal de Investigación e Innovación 4. Ámbitos Transversal de Valores Culturales, Sociales y Políticos			
Semestre	VI	CÓDIGO	HR65	
SCT total	6	SCT presencial		SCT autónomo
Requisitos	Mecánica de Fluidos e Hidráulica Fluvial Estadísticas Aplicada			

SCT: Sistema de Créditos Transferibles. SCT presencial: horas teóricas y horas prácticas.

PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

El propósito de esta actividad curricular es introducir a los y las estudiantes al mundo de la hidrología, en donde adquiere los saberes fundantes del ciclo hidrológico y los procesos que ocurren en este, para comprender el comportamiento de los recursos hídricos y su disponibilidad.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Comprende la situación de los recursos hídricos a nivel país en un contexto social, ambiental y económico, bajo escenarios de cambio climático y aumento de la demanda.
- Establece en una primera aproximación la necesidad de generar planes de

trabajo a nivel de cuencas hidrográficas, en un contexto socio ambiental y económico.

- Desarrolla destrezas, actitudes y cualidades positivas para lograr un autoaprendizaje útil en su formación continua.

COMPETENCIAS DEL PERFIL DE EGRESO

Competencias a la que contribuye	1.1.- Evalúa el estado de ecosistemas y su relación con los recursos hídricos, para su protección y conservación, de manera integradora. 1.2.- Determina la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, por medio de herramientas de modelación hidrológica, de manera correcta con la información disponible. 1.4.- Evalúa y modela matemáticamente el impacto de agentes bióticos y abióticos en la cantidad y calidad del recurso hídrico, para diseñar y aplicar acciones de prevención, detección y manejo de manera holística, integrada e interdisciplinaria. 3.1.- Resuelve problemas relacionados con la operación de proyectos de uso y gestión de recursos hídricos a nivel de cuenca, aplicando los principios y conceptos fundamentales asociados a aspectos físicos, químicos, biológicos, ecológicos, sociales, culturales y económicos. 4.3.- Resuelve problemas emergentes del ámbito profesional, empleando un enfoque científico-técnico e innovador, integrando las dimensiones de las Ciencias Naturales y Tecnología, como las Ciencias Sociales y Humanidades, para poder transferirlos correctamente.
Sub-competencias	1.1.1. Comprende y aplica los principios, y leyes biológicas, físicas y químicas relacionadas con los procesos y comportamientos de los ecosistemas. 1.1.2. Comprende y explica la estructura, organización y funcionamiento de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas, aplicando argumentos y fundamentos biológicos. 1.2.1. Caracteriza y evalúa los procesos físicos, representándolos mediante modelos matemáticos que muestren los procesos que controlan el 50 51 1.2.2.- Comprende y explica los procesos físicos, químicos y biológicos que afectan la disponibilidad y calidad del agua. 1.4.1.- Identifica los agentes presentes y potenciales causantes de las alteraciones del ciclo hidrológico y sus consecuencias. 1.4.2.- Analiza las

	interrelaciones entre los recursos físicos y los agentes causantes de las alteraciones. 3.1.1.- Caracteriza y evalúa procesos asociados a la hidrología y los recursos hídricos, fundamentado en el razonamiento matemático. 3.1.2.- Comprende y aplica los principios, y leyes físicas y químicas relacionadas con los procesos y comportamientos de los componentes bióticos y abióticos de una cuenca. 3.1.3.- Caracteriza y explica la estructura y composición física y biótica de una unidad hidrológica, evaluando el funcionamiento de la cuenca a través del tiempo. 4.3.1.- Conoce los fundamentos que regulan la investigación científica básica y aplicada. 4.3.2.- Conoce y valora las fuentes de información de las diferentes disciplinas relacionadas con la hidrología y los recursos hídricos.
Competencias Genéricas	G2 Capacidad crítica y autocrítica

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

La estrategia metodológica se basa en clases expositivas e interactivas guiadas por el profesor de cátedra, cuyo propósito es lograr el aprendizaje de conceptos, marcos teóricos y metodológicos y su aplicación a la ingeniería hidrológica. Para ello el estudiante tendrá clases presenciales que abordarán cada temática del syllabus y sus componentes, permitiendo aspectos de interacción alumno(a) profesor, trayendo a colación conceptos y marcos de aplicación práctica. De esto se deriva que las clases son teórico prácticas, a lo que se suma una ayudantía que permitirá practicar en base a ejercicios y problemas resueltos y por resolver, los conceptos aprendidos y su aplicación en problemas reales.

RECURSOS DOCENTES

- Presentaciones PPT
- Apuntes de clase
- Software de Funciones de Distribución de Probabilidad

UNIDADES

Unidad I:	Marco introductorio y análisis estadístico matemático de la variable precipitación
<u>Contenidos:</u>	<u>Indicadores de logro:</u>
1. Introducción a la situación de los recursos hídricos en Chile.	• Diferencia cuencas hidrográficas en base a criterios morfométricos
2. Morfometría de cuencas	• Analiza y procesa información hidrológica en base a criterios estadísticos y matemáticos
3. Ciclo hidrológico.	
4. Precipitaciones, concepto y medida.	
4.1. Error en la medida de las precipitaciones	

ones (Puntual y espacial) 4.2. Corrección y completaci ón de datos 4.3. Estimación de precipitaci ones medias areales. 5. Estadística hidrológica . 5.1. Concepto y ley de frecuencias 5.2. Funciones de Distribució n de Probabilida d, Gumbel, Goodrich.	
---	--

Unidad II:	Estimación de hidrogramas en cuencas sin datos y aforadas.
<u>Contenidos:</u> 6. Concepto, cálculo y aplicación de curvas Intensidad Duración Frecuencia. IDF. 7. Precipitación efectiva (Pe) 7.1. Estimación de Pe en base al método Po 7.2. Estimación de Pe en base al método Número de curva 8. Concepto de hidrograma unitario. 8.1. Hidrograma unitario sintético 8.2. Hidrograma unitario a partir de crecidas controladas 8.3. Convolución de hidrogramas Hidrograma unitario, Hidrograma unitario sintético, Hidrograma unitario de Snyder. 9. Ecuación racional. 10. Métodos de Aforo. Volumétrico, flotador, molinete. 11. Estimación de hidrogramas en base a limnigramas y curvas de descarga. 12. Aplicación de la ecuación de Manning	<u>Indicadores de logro:</u> • Estima hidrogramas en cuencas sin datos, utilizando métodos indirectos reconocidos • Estima hidrogramas y reconoce aspectos técnicos para la estimación de variables de estado hidrológicas en cuencas controladas
Unidad III:	Relación entre componentes superficiales y subterráneos de los caudales circulantes.
<u>Contenidos:</u> 13. Aforos con trazadores químicos, 14. Estimación de caudales medios en cuencas sin datos 15. Caudales recesivos. 15.1. Modelación de curvas recesivas en base a ecuaciones diferenciales 15.2. Estimación de volúmenes subterráneos	<u>Indicadores de logro:</u> • Diferencia en un hidrograma los caudales correspondientes a aguas superficiales y a aguas subterráneas • Estima volúmenes de aguas subterráneas almacenados en

almacenados 16. Estimación preliminar de infiltración en el suelo y de evapotranspiración. 17. Regulación a caudal variable	la cuenca • Establece la disponibilidad de agua en la cuenca
---	---

PROFESORES PARTICIPANTES

<i>Profesor</i>	<i>Departamento</i>	<i>Especialidad o área</i>
Roberto Pizarro	Gestión Forestal y su Medio Ambiente	Hidrología
Alfredo Ibáñez Córdova	Externo	Hidrología

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

<i>Instrumentos</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Fechas</i>
3 pruebas de alternativas, cada una con 25% de ponderación	75%	Cátedra 1 26/09 Cátedra 2 24/10 Cátedra 3 05/12
Conjunto de trabajos individuales y grupales,	25%	Periódica
Nota de Presentación (NPE)	100%	Examen 1: 12/12/25 Examen 2: 19/12/25

REQUISITOS DE APROBACIÓN

- Si su nota de presentación es igual o mayor a 5.0 usted se exime y aprueba con su nota de presentación.
- Si su nota de presentación es inferior a 5.0 usted debe rendir examen

EVALUACIÓN	PONDERACIÓN
Nota presentación	75%
Examen	25%
Nota final	100%

Plan de clases.

- 220825** Introducción y morfometría cuencas
- 290825** Morfometría cuencas, ciclo hidrológico, precipitaciones, Error en la medida de las precipitaciones, Corrección y completación datos
- 50925** Corrección y completación datos, precipitación media areal Estadística hidrológica
- 120925** Estadística hidrológica
- 260925** Prueba 1. Curvas IDF,
- 31025** Curvas IDF. Pluviograma y yetograma neto. Método Po y Número de curva.
- 101025** Número de curva. Hidrograma unitario, Convolución de hidrogramas, Hidrograma unitario sintético de Snyder,
- 171025** Estimación de hidrogramas unitarios en base a aforos controlados. Ecuación racional. Métodos de Aforo. Volumétrico, flotador, molinete.
- 241025** Método molinete y sus implicancias matemáticas y estadísticas. Estimación de hidrogramas en base a limnigramas y curvas de descarga.
- 71125** Prueba 2. Aplicación de la ecuación de Manning. Aforos con trazadores químicos.
- 211125** Estimación de caudales medios en cuencas sin datos. Caudales recesivos. Modelación en base a ecuaciones diferenciales.
- 281125** Modelación en base a ecuaciones diferenciales. Estimación de volúmenes almacenados.
- 51225** Estimación preliminar de infiltración en el suelo y de evapotranspiración. Regulación a caudal variable.

BIBLIOGRAFÍA

- Balica, S. and Wright, N. G. (2009), A network of knowledge on applying an indicator-based methodology for minimizing flood vulnerability. *Hydrological Processes* (23): 2983–2986. doi:10.1002/hyp.7424
- Banco Mundial. (2011). Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. (en línea). Disponible en: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/452181468216298391/pdf/633920ESW0SPAN0le0GRH0final0DR0REV-0doc.pdf>
- Banco Mundial. (2013). Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua. (en línea). Disponible en: <https://snia.mop.gob.cl/sad/ADM5439.pdf>
- Bellisario, A., Ferrando, F., & Janke, J. (2013). Water resources in Chile: the critical relation between glaciers and mining for sustainable water management. *Investigaciones Geográficas*, 46, 3-24.
- Carrasco, J., Casassa, G., & Quintana, J. (2005). Changes of the 0° C isotherm and the

- equilibrium line altitude in central Chile during the last quarter of the 20th. *Hydrological Sciences Journal*, 50, 933-948. Doi: 10.1623/hysj.2005.50.6.933.
- Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia (CR2). (2015). Informe a la nación la megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro. (en línea). Disponible en: <http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/informe-megasequia-cr21.pdf>
- Correa, G., & Muñoz, A. (2015). Agua, pobreza y equidad: un análisis asimétrico. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 28, 90-99.
- Costa, E. (2016). Diagnóstico para un cambio: los dilemas de la regulación de las aguas en Chile. *Revista Chilena de Derecho*, 43, 335-354.
- García, R. (2020). La compatibilidad del derecho humano al agua con la legislación chilena: reconocimiento latinoamericano de este derecho. *Lus et praxis*, 26, 172-194.
- Garreaud, R., Alvarez-Garreton, C., Barichivich, J., Boisier, J., Christie, D., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J., & Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 6307-6327. Doi:10.5194/hess-21-6307-2017
- Gutiérrez-Lopez, A., Donoso, M., May, Z., Bravo-Orduña, G. (2019). A Meteo-Epidemiological Vulnerability Index as a resilience factor for the principal regions in Haiti. *Journal of Hydrology*, 569, 135-141. doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.11.063
- Henríquez, C., Aspee, N., & Quense, J. (2016). Zonas de catástrofe por eventos hidrometeorológicos en Chile y aportes para un índice de riesgo climático. *Revista de geografía del Norte Grande*, 63, 27-44.
- Herrera, M., Candia, C., Rivera, D., Aitken, D., Briebe, D., Boettiger, C., Donoso, G., & Godoy, A. (2019). Understanding water disputes in Chile with text and data mining tools. *Water International*, 44, 302-320. Doi: 10.1080/02508060.2019.1599774
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (en línea). Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf
- Larraín, S. (2006). El Agua en Chile: entre los derechos humanos y las reglas del mercado. *Polis*, 5, 1-18 *Propuestas de actuación a corto y mediano plazo para los recursos hídricos en Chile ... Aqua-LAC Volumen 13 (2) marzo 2021 - septiembre*

2021 12

- Mardones, M., & Vidal, C. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. EURE, 27 (81). Doi: 10.4067/S0250-71612001008100006
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). Escasez Hídrica en Chile: desafíos pendientes. Apuntes para un desarrollo sostenible N°1. (en línea). Disponible en: <https://chile.un.org/es/105929-escasez-hidrica-en-Chile-desafios-pendientes>
- Pizarro, R. et al. 2009. Informe país: Estado del Medio Ambiente en Chile 2008, Capítulo de Aguas Continentales. Universidad de Chile, Instituto de Asuntos Públicos. Pp 75-124
- Pizarro, R; P.. Garcia-Chevesich, R. Valdes, F. Dominguez, F. Hossain, C. Olivares, C. Morales and F. Balocchi.et al. 2013. Inland water bodies in Chile can locally increase rainfall intensity. Pizarro, R., Journal of Hydrology, 481:56-63
- Pizarro, Roberto; Arumí, J; García-Chevesich, P; Mancilla, G; Stehr, Alejandra; Sangüesa, Claudia; Lictévout, Elizabeth e Ibáñez, A. 2021. Propuestas de actuación a corto y mediano plazo para los recursos hídricos en Chile en escenarios de restricción hídrica. Aqua-LAC Volumen 13 (2) Marzo 2021 - Septiembre 2021. doi: 10.29104/phi-aqualac/2021-v13-2-01, ISSN 1688-2873
- Pizarro, R; Valdés-Pineda, R; García-Chevesich, P. A; Ibáñez, A; Pino, J; Scott, F; Neary, D. G; McCray, J. E; Castillo, M; y Ubilla, P. 2022. The Large-Scale Effect of Forest Cover on Long-Term Streamflow Variations in Mediterranean Catchments of Central Chile. *Sustainability*. 14(8):4443.
- Pizarro, R., P. García-Chevesich, B. Ingram, C. Sangüesa, J. Pino, A. Ibáñez, R. Mendoza, et al. 2023. Establishment of Monterrey Pine (*Pinus radiata*) Plantations and Their Effects on Seasonal Sediment Yield in Central Chile. *Sustainability*. 15(7):6052.
- Quintana, J., & Aceituno, P. (2012). Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43° S. *Atmósfera*, 25, 1-22.
- UNESCO. (1987). The role of water in socio-economic development, ed. Publisher: IHP-II, France. ISBN: 92-3-102534-1
- UNESCO. (2019). Antecedentes de la relación masa forestal y disponibilidad hídrica en Chile. Unesco Office Montevideo and regional bureau for science in Latin America and the Caribbean, Uruguay.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 1982. Agua, vida y desarrollo. Volumen 1. Oficina Regional de

Montevideo. Uruguay.

Valdés, R., Pizarro, R., García-Chevesich, P., Valdés, J., Olivares, C., Vera, M., Balocchi, F., Pérez, F., Vallejos, C., Fuentes, R., Abarza, A., & Helwig, B. (2014). Water governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology*, 519(27), 2538-2567- Doi: 10.1016/j.jhydrol.2014.04.016.

RECURSOS WEB

<https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx> (Dirección General de Aguas)

<http://www.cuhs.otalca.cl/> (Cátedra Unesco en Hidrología de Superficie)

<https://www.cr2.cl/> (Centro para la Investigación y resiliencia climática, U. de Chile)