



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA
MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS (G-5127)

Créditos: 4

Horas Lectivas: 5

Horario: Jueves 17:00 - 20:50 más 1 hora semanal a convenir

Requisito: G-5216 (Campaña Geológica); G-4112 (Hidrogeología)

Ciclo lectivo: I-2017

Tipo de Curso: Teórico

Profesor(a): Mario Enrique Arias Salguero, email: mariogeologo@gmail.com

1. Descripción del curso

Conforme la presión por el uso del agua aumenta, se ha vuelto prioritario buscar nuevos métodos para administrar de forma óptima los recursos hídricos. La comunidad internacional ha reconocido esta necesidad, a tal grado que; en las últimas décadas se ha llegado al consenso de que la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), es un proceso apropiado para enfrentar esta situación. Es por ello; que en este curso de Manejo de Recursos Hídricos; utilizaremos muchos de los conceptos nuevos empleados en la administración del agua.

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos es un proceso sistemático para el desarrollo, asignación y monitoreo de los usos del agua, de acuerdo con objetivos sociales, económicos y ambientales que buscan el desarrollo sostenible. Es un concepto que está basado en la idea de que los diferentes usos del recurso son interdependientes, por tanto; la GIRH no funcionaría sin la colaboración y/o participación de la sociedad civil, instituciones gubernamentales y privadas, ONG's y organismos internacionales, los cuales a través de un compromiso serio buscan asegurar los recursos hídricos.

Operativamente, el enfoque de GIRH involucra la aplicación de conocimiento de diversas disciplinas, así como las perspectivas de diversos actores para elaborar e implementar soluciones eficientes, equitativas y sostenibles a los problemas hídricos y de desarrollo. Así la GIRH se convierte en una herramienta para el desarrollo y la gestión del agua de forma que hace un balance de las necesidades económicas y sociales, y asegura la protección de ecosistemas para generaciones futuras.

Como eje transversal abordaremos la situación del Recurso Hídrico en Costa Rica.



La correcta gestión del agua subterránea implica tener el suficiente conocimiento hidrogeológico de la misma, sin embargo; en Costa Rica no existe una cuantificación real, ni una gestión integrada de acuíferos, lo que genera una administración descontrolada del recurso, la cual se basa en la demanda y no en la oferta hídrica existente, pues ésta se desconoce para la mayoría de los casos. Son muy pocos los acuíferos en nuestro país con estudios sistemáticos, datos históricos confiables y un conocimiento que abarque los aspectos técnicos-científicos requeridos.

La gestión del agua subterránea comienza con su evaluación, misma que se realiza a partir de un estudio hidrogeológico. Este estudio permite ubicarla en el contexto del ciclo hidrológico y su interrelación con el medio circundante.

Conocer el origen, tipo y características del movimiento del agua en el suelo hasta llegar al nivel de saturación y a partir de ese punto entender la mecánica de flujo del agua, permite formular el Modelo Conceptual del Acuífero, con el fin de establecer prácticas de aprovechamiento sostenible; así como definir las acciones de protección en función del riesgo de contaminación y de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero. La delimitación espacial del acuífero es fundamental en la gestión hídrica, pues debe incluir la identificación de las zonas de recarga y descarga establecidas en función del mismo Modelo Hidrogeológico Conceptual.

El entender el flujo del agua subterránea, es fundamental para la gestión integrada, pues el análisis de las condiciones biofísicas, y en este caso particular hidrogeológicas, es la base para el plan de gestión y de aprovechamiento sostenible que contemple además elementos sociales y económicos y que sea viable desde el punto de vista institucional en el marco de la legalidad a nivel nacional.

2. Objetivos

Conocer los elementos básicos para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, dándole énfasis a los instrumentos y herramientas orientados al agua subterránea y la situación de Costa Rica.

3. Contenido

I. Situación del Recurso Hídrico en Costa Rica

1. Generalidades
2. Entes servidores del servicio de agua potable
3. Calidad del agua y Saneamiento
4. Usos y aprovechamiento del agua por cuencas hidrográficas
5. Conflictos por el uso del agua



II. La Gestión Integrada del Recurso Hídrico

1. El concepto y retos de la GIRH
2. Los principios elementales de Dublín
3. Los tres componente de la GIRH
4. Instrumentos de la gestión

III. Agua y elementos del ciclo hidrológico

1. Elementos de hidrología de superficie
2. Manantiales y tipos de acuíferos
3. Modelo hidrogeológico conceptual
4. Cuenca Hidrográfica como unidad de planificación
5. Efectos del cambio climáticos sobre los recursos hídricos

IV. Conservación y protección del recurso hídrico

1. Legislación hídrica
2. Técnicas para determinar la vulnerabilidad, amenaza y riesgo de los acuíferos
3. Zonificación del terreno para la protección contra la contaminación

4. Metodología

La participación de los estudiantes en el desarrollo de las investigaciones, casos de estudio y exposiciones comprenderá una parte fundamental del curso. Con esto se pretende que el estudiante desarrolle aptitudes para la presentación y discusión de temas relacionados con la gestión del recurso hídrico en el marco de su desempeño profesional.

5. Cronograma

SEMANA	TEMA
1	Presentación del Curso
2	I. Situación del Recurso Hídrico en Costa Rica
3	I. Situación del Recurso Hídrico en Costa Rica
4	I. Situación del Recurso Hídrico en Costa Rica
5	SEMANA SANTA
6	I. Situación del Recurso Hídrico en Costa Rica
7	II. La Gestión Integrada del Recurso Hídrico
8	II. La Gestión Integrada del Recurso Hídrico
9	II. La Gestión Integrada del Recurso Hídrico
10	III. Agua y elementos del ciclo hidrológico/ Entrega Investigación I



11	III. Agua y elementos del ciclo hidrológico
12	III. Agua y elementos del ciclo hidrológico
13	IV. Conservación y protección del recurso hídrico
14	IV. Conservación y protección del recurso hídrico
15	IV. Conservación y protección del recurso hídrico
16	Presentación de Investigación II
17	Examen Final 13 de julio
18	Examen de Ampliación 20 de julio

6. Evaluación

- Investigación I 25%
- Investigación II 25%
- Comprobación de lecturas y trabajos en clase 25%
- Examen Final 25%

Investigación I

Individualmente y a escogencia de cada estudiante, se debe realizar la caracterización y evaluación de un Acueducto comunal (ASADA o municipal) y de un manantial de interés (puede ser en la misma ASADA evaluada).

Investigación II

En grupos de 3 personas, se deberá realizar una capacitación a miembros de un Acueducto Comunal o de una localidad (al menos 7 personas presentes el día de la actividad) en la temática del recurso hídrico nacional que sea de interés y que responda a las mismas necesidades de esa comunidad. Esta capacitación debe ser registrada en formato video y expuesta al profesor y compañeros del curso en la fecha correspondiente.

En todos los casos que sean requeridos, el profesor orientará el proceso de formulación de las investigaciones (I y II), así como los pasos necesarios y revisiones periódicas de avance.

El examen final será teórico y tomará en cuenta los diversos temas desarrollados en el programa del curso.



7. Bibliografía

- Arias, M.E., 2012: **Vulnerabilidad y Protección del Agua Subterránea: Valor de la Matriz del Uso del Suelo del SENARA**: Revista AMBIENTICO, 208, 9-13,
- Arias, M.E., 2011: **Gestión del Recurso Hídrico y Uso del Agua, año 2010**. Ponencia del Informe del Estado de la Nación (XVII), 52 p.
- Arias, M. E., 2010: **Estudios Hidrogeológicos: una ventana de oportunidad**. Informe del Estado de la Nación (XVI) p. 213.
- Arias, M. E., 2010: **Rectoría del Agua Subterránea**. Informe del Estado de la Nación (XVI) p. 213.
- Arias, M. E., 2010: **Importancia del Agua Subterránea en el Parque Nacional Marino Las Baulas**. Revista AMBIENTICO, 202, 11-12.
- Arias, M. E., 2009: **El agua subterránea en Costa Rica: problemática, investigación y protección**. Informe del Estado de la Nación (XV), p. 236
- Arias, M. E., 2009: **El Ordenamiento Ambiental del Territorio en Guanacaste: Importancia de la Componente Hidrogeológica**. En Informe sobre la seguridad hídrica de Sardinal. Consejo Universitario, Universidad de Costa Rica.
- Arias, M. E., 2009: **Sardinal: ¿Ejemplo de la Gestión Integral del Recurso Hídrico?** En Informe sobre la seguridad hídrica de Sardinal. Consejo Universitario, Universidad de Costa Rica.
- Arias, M. E., 2008: **El agua subterránea en Costa Rica**. Boletín Asociación Latinoamericana de Hidrogeología. 27.
- Arias, M. E., 2008: **Desarrollo Inmobiliario en Guanacaste y Geología**. Revista AMBIENTICO, 172, 15-16.
- Arias, M. E., 2004: **Proyecto de ley y gestión integrada del recurso hídrico en Costa Rica**. V Congreso Geológico Nacional, San José, 31-32.
- Arias, M. E., 2002: **“Hacia una cultura del agua”**. Revista Rescatemos el Virilla, Año 8, N. 19
- Arias, M. E., Losilla, M., & Arredondo, S., 2006: **Estado del conocimiento del agua subterránea en Costa Rica**. Boletín Geológico y Minero, 117 (1): 63-73.
- Arias, M. & Zúñiga, E. 2008. **Efectos del cambio global en Costa Rica y la afectación en la Recarga del acuífero de Santa Cruz**. En - El efecto de los Cambios Globales sobre los Recursos Hídricos y Ecosistemas Marino Costeros. Programa CYTED, Red 406RT0285.



Astorga, A., & Arias, M. E., 2003: **Mapa de Geoaptitud Hidrogeológica de Costa Rica: Implicaciones respecto a la gestión ambiental del desarrollo**: Revista Geológica de América Central, 29: 95-101.

ASTM, 2004: **Standar guide for Establishing Nomenclature of Ground Water Aquifers**. Designation D6106-97, 17 p.

Antón, D. 2005: **Desarrollo de una guía metodológica para el mapeo esquemático de acuíferos utilizando información básica disponible con miras a optimizar su gestión**. Informe final contrato N. 1033.4 UNESCO, 40p.

Antonellini, M. et al. 2008: **Salt water intrusion in the coastal aquifer of the southern Po Plain, Italy**. Hydrogeology Jorunal 16: 1541-1556.

AyA, 2017. **Política Nacional para el Subsector de Agua Potable de Costa Rica 2017 – 2030**. / Comisión Interinstitucional. San José, Costa Rica. AyA.

Barazzuoli P, et al. 2008: **A conceptual and numerical model for groundwater management: a case study on a coastal aquifer in southern Tuscany, Italy**. Hydrogeology Jorunal 16: 1557-1576.

Blanco K. 2013. **Recurso hídrico en la zona norte de Heredia: La experiencia de la UNA**. Editorial UNA, 238 p.

Castro, R., Monge E., Rocha C., Rodríguez, H., 2004: **Gestión local y participativa del recurso hídrico en Costa Rica**. CEDARENA, 72 p.

Cap-Net, 2005: **Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico: manual de capacitación y guía operacional**. 109p.

CEDARENA, 2001: **Manual de regulación jurídica para la gestión del recurso hídrico de Costa Rica**. 116 p.

Consejo Universitario UCR. 2009: **Implicaciones del proyecto de ampliación del acueducto el Coco-Ocotol, Guanacaste, conocido como Sardinal**. Informe Interno.

Cook, P.G., 2003: **A Guide to Regional Groundwater Flow in Fractured Rock Aquifers**. CSIRO Australia. 115 págs.

Custodio, E. & Llamas, M.R., 2003: **Intensive use of groundwater: Introductory considerations**. – En: CUSTODIO, E. & LLAMAS, M.R., (eds.): Intensive use of groundwater: Challenges and opportunities. – Swets & Zeitlinger, Lisse, Holanda, 3-13.

Custodio E., 2004: **Hidrogeología urbana: una nueva rama de la ciencia hidrogeológica**. Boletín geológico y minero, 115, número especial: 283-288.

Díaz, C., Esteller, M., & López-Vera, F., 2005: **Recursos Hídricos: conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamerica**. Red CYTED, 750 p.



Fernández, E., 2010. **La gestión de la recarga artificial de acuíferos en el marco del modelo de desarrollo sostenible**. Desarrollo Tecnológico, serie Hidrogeología Hoy, título 6, DINA-Mar, 495 p.

Foster, S., Hirata, R., Gómez, D., D' Elia, M., & Paris, M., 2002: **Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales**. Banco Mundial, 115 p.

Foster, S., & Kemper, K., 2005: **Gestión Sustentable del Agua Subterránea: conceptos y herramientas**. Serie de notas informativas. Banco Muncial GW-MATE.

Foster, S., & Loucks, D., 2006: **Non-renewable groundwater resources: a guidebook on socially – sustainable management for water-police makers**. UNESCO, 100 p.

Gonzalez R., & Peña M. 2015: **El proceso ambiental en Costa Rica**. 1 ed. San José, ISOLMA.

GWP, 2011.: **Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: hacia una gestión integrada**. BCIE, 143 p.

Harvey J & McCormick P, 2009: **Groundwaer's significance to changing hydrology, water chemistry, and biological communities of a floodplain ecosystem, Everglades. South Florida, USA**. Hydrogeology Journal 17: 185-201.

Humphreys, W. 2009: **Hydrogeology and groundwater ecology: Does each inform the other?** Hydrogeology Journal 17: 5-21.

La Gaceta: **Reglamento para la calidad de agua potable**. Decreto ejecutivo 38924-S. Enero, 2015.

Marin, R., 2011: **El acueducto comunitario óptimo: condiciones para la gestión efectiva de los servicios de agua**. AVINA, 20 p.

Meffe, R & Martínez, M., S.F: **Metodología para el desarrollo de modelos hidrogeológicos mediante herramientas de información geográficas**. Centro de investigación y desarrollo en recursos hídricos. España.

Neukum, C et al. 2008: **Validation of vulnerability mapping methods by field investigations and numerical modelling**. Hydrogeology Journal 16: 641-658.

ONU, 2009: **The law of transboundary aquifers**. Resolución de la Asamblea General, 63/124.

Peña M., 2015: **Desarrollo Jurisprudencial del principio de No regresión del derecho ambiental en Costa Rica**. Revista Judicial de CR, N. 117. 149-169

PHI., 2015: **Estrategia regional para la evaluación y gestión de acuíferos transfronterizos en las Américas**. SERIE ISARM AMÉRICAS N° 4.



Pochon, A., et al., 2008: **Groundwater protection in fractures media: a vulnerability based approach for delineating protection zones in Switzerland.** Hydrogeology Journal 16: 1267-1281.

Raya S. 2009: **Transboundary Aquifers: managing a vital resource.** UNESCO, 27p.

Ramírez, P. & Arias, M.E., 2011: **Lineamientos de ordenamiento territorial para el manejo y protección del agua subterránea en la cuenca del río Birrís (Cartago).** Revista Ambientales, 41: 47-54.

SENARA; 2015: **Metodología General para la elaboración de los estudios hidrogeológicos para los planes reguladores.** Acuerdo 4975. La Gaceta. 137, 16 de julio del 2015.

Springer, A et al. 2009: **Spheres of discharge of springs.** Hydrogeology Journal 17: 83-93.

UNA, 2003: **El agua en Costa Rica.** Revista de Ciencias Ambientales, N. 45

UNA, 2012: **Protección constitucional de los acuíferos subterráneos en Costa Rica.** Revista Ambientico, N. 228.

UNESCO, 2004: **Groundwater studies: an international guide for hydrogeological investigations.** IHP-VI, series on Groundwater N. 3, 423 p.

UNESCO; 2007: V Conferencia Mundial FRIEND, La Habana, Cuba- **Impactos Hidrológicos de la variabilidad y cambio climático.** PHI-VI documento técnico N: 11.

UNESCO; 2008: **Water Resources Assessment: Integral Water Balance in Basins.** Technical Document PHI-LAC, N. 14.

Vrba J., & Adams B., 2008: **Groundwater Early Warning Monitoring Strategy: a methodological guide.** UNESCO.

Vrba J., & Verhagen B., 2011: **Groundwater for emergency situation: a methodological guide.** IHP-VII Series on Groundwater N.3, 317 p.

Walsh P. 2008: **A new method for analyzing the effects of joints and stratigraphy on spring locations: a case study from the Sacramento Mountains, south central New Mexico, USA.** Hydrogeology Journal 16: 1459-1467.

WMO & UNESCO., 2012: **International glossary of hidrology.** – 471 págs. World Meteorological Organization, Geneve, Suiza.