

Curso sobre

# Gestión Integrada de Aguas Subterráneas (GIAS)

Edición 2021

*Pozo en Valle de Uco (Mendoza, Argentina, 2019)*

Gentileza: Ing. Enrique Montero



Modalidad: a distancia guiado por instructor

*Los recursos utilizados para el desarrollo del curso proceden de la Facilidad de Inversiones para América Latina (LAIF) de la Unión Europea.*

*En el marco de este instrumento de financiamiento, la Unión Europea firmó con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) un Acuerdo de Delegación para la ejecución del proyecto regional “Promover la adaptación al cambio climático y la gestión integral de los recursos hídricos en el sector de agua y saneamiento en América Latina en el marco del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS)”, el cual establece que las actividades relacionadas con asistencias técnicas serán ejecutadas a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El presente documento hace parte de la Cooperación Técnica “Desarrollo de capacitación e intercambio de conocimiento en agua y saneamiento a través de la red RALCEA”.*

*Las opiniones expresadas en presente documento no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Unión Europea ni de la AECID o el BID.*

## Presentación

Las aguas subterráneas constituyen la fuente de abastecimiento de más de dos mil millones de personas en el mundo. Son un recurso vital para el suministro de agua en áreas rurales como también en áreas urbanas y periurbanas. Innumerables emprendimientos productivos (agrícolas, industriales, mineros, etc.) dependen de ellas.

En contraposición, y pese a reconocer su importancia, la falta de control en las extracciones como en las actividades que se desarrollan en el territorio han conducido al deterioro de los acuíferos y ecosistemas relacionados.

El desafío está en lograr el equilibrio entre una demanda en constante crecimiento y los recursos hídricos que son finitos y vulnerables a nuestras propias acciones. Por ello la gestión sostenible del agua subterránea debe ser encarada con un enfoque integrador que contemple todos estos aspectos sobre la base del conocimiento del recurso disponible en cantidad, calidad y oportunidad. De ese modo será posible llevar adelante estrategias desarrolladas y adaptadas a cada situación particular considerando:

- las reservas disponibles y su tasa de renovación, para poder plantear escenarios racionales de extracción de agua del acuífero que no comprometan el reservorio, las relaciones con otros cuerpos de agua y/o ecosistemas dependientes;
- la capacidad natural del subsuelo para atenuar de los contaminantes, la amenaza de contaminación que las actividades que se desarrollan en el territorio (pasadas, presentes o futuras) representen, para generar matrices que indiquen qué actividades son posibles, dónde, cómo, sobre la base de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos y/o perímetros de protección de las fuentes, estableciendo también diferentes niveles de control y esquemas de monitoreo;

que apunten a mejorar la seguridad hídrica de la población y con ello el logro de los objetivos planteados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en particular del ODS 6 (garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y saneamiento para todos). Es entonces una condición *sine qua non* que la sociedad y las instituciones responsables de la gestión de los recursos hídricos y el ambiente, tengan una real comprensión de las aguas subterráneas y de las herramientas que se disponen.

Este curso -que transita por su quinta edición, ahora en modalidad a distancia- es organizado por RALCEA (Red de América Latina de Centros de Excelencia en Gestión del Agua) en forma colaborativa con otras instituciones y organizaciones internacionales, pretende contribuir a la formación de recursos humanos con capacidad para promover el uso sostenible del agua subterránea con una visión integral que contribuya a garantizar la seguridad hídrica y la gobernabilidad en los países de Latinoamérica y el Caribe.

## Instituciones participantes

Comisión Europea – CE



Banco Interamericano de Desarrollo – BID



Proyecto regional “Promover la adaptación al cambio climático y la gestión integral de los recursos hídricos en el sector de agua y saneamiento en América Latina en el marco del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento – FCAS



Red de América Latina de Centros de Excelencia en Gestión del Agua – RALCEA



Red Latinoamericana de Desarrollo de Capacidades para la Gestión Integrada del Agua – LA-WETnet



Capacity Development in Sustainable Water Management – Cap Net



Conferencia Iberoamericana de Directores de Agua CODIA



Cátedra UNESCO Agua y Educación para el Desarrollo Sostenible – Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral



Centro Regional para la Gestión de las Aguas Subterráneas en América Latina y el Caribe – CeReGAS UNESCO



Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México - CICESE



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – IMTA



Universidad Autónoma del Estado de México - UAEMex. Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua - IITCA.



## Objetivos

El objetivo general del curso es promover el desarrollo de capacidades para el uso sostenible del agua subterránea con una visión integral que contribuya a garantizar la seguridad hídrica y la gobernabilidad.

Para ello se plantean como objetivos específicos:

- Promover un acercamiento conceptual y metodológico a la gestión integrada del agua.
- Presentar herramientas para el uso sostenible y protección del agua subterránea.
- Capitalizar las experiencias y lecciones aprendidas en caso de estudio.

## Destinatarios

Está dirigido a un público amplio de profesionales y técnicos de diferentes disciplinas, sectores, y organizaciones: agencias públicas de la gestión del agua, el ambiente, la vivienda, operadores de agua y saneamiento, entes reguladores, representantes de organizaciones comunitarias y de la sociedad civil, sector académico, organismos de ciencia y técnica, comunicadores, entre otros.

## Resultados esperados

Una vez finalizado el curso, se espera que los participantes hayan incorporado conceptos fundamentales de Hidrología Subterránea que les permitan dimensionar la importancia de contar con un diagnóstico apropiado del recurso en el marco de un plan de gestión y; que adquieran el conocimiento sobre herramientas y metodologías que permiten definir estrategias para el uso y protección racional de los acuíferos.

## Contenidos

El curso está organizado en los siguientes módulos temáticos:

**Módulo 1: Gestión integrada del agua subterránea.** Gestión de los sistemas de aguas subterráneas: conceptos, procedimientos metodológicos. Explotación intensiva de acuíferos: consecuencias, sobreexplotación. Rol de los sistemas hídricos subterráneos en la gestión de los recursos hídricos. Uso conjunto. Importancia del agua subterránea. Aspectos económicos y sociales de la gestión de los recursos hídricos subterráneos. Necesidad de un enfoque integrado en la gestión del agua subterránea. Escalas y horizontes de gestión. El plan de gestión para las aguas subterráneas: visión, objetivos y metas, diagnóstico, escenarios, implementación, control y monitoreo, retroalimentación. Protección de la calidad y cantidad del agua subterránea.

**Módulo 2: Evaluación de los recursos hídricos subterráneos.** Conceptos hidrogeológicos básicos para abordar el estudio del sistema acuífero. Elementos del ciclo hidrológico. Caracterización y estimación de la recarga. Propiedades de los sistemas hidrogeológicos. Tipos de acuíferos. Profundidad y nivel de agua en el acuífero. Hidráulica de acuíferos y sistemas de flujo subterráneo. Experimento y Ley de Darcy. Redes de flujo subterráneo. Ecuación general de flujo. Hidráulica de pozos. Pruebas de bombeo y ensayos Slug. Hidrogeofísica. Relación entre las propiedades eléctricas e hidrogeológicas de las rocas. Métodos geofísicos para exploración de acuíferos: eléctricos y electromagnéticos.

**Módulo 3: Desafíos de la gobernanza de las aguas subterráneas desde los ámbitos ambiental y social.** Cuantificación de la demanda. Ecosistemas dependientes. La gestión de la participación, gobernanza y gobernabilidad, gestión de la información y comunicación en el marco del plan de gestión de aguas subterráneas.

**Módulo 4: Infraestructura para el aprovechamiento de aguas subterráneas.** Obras de captación, caudales de explotación. Áreas de protección de captaciones, zonas de recarga, etc. Inspección sanitaria de pozos de abastecimiento.

**Módulo 5: Modelación matemática de acuíferos.** Planteamiento general, modelo conceptual, matemático y numérico. Condiciones físicas y ecuaciones básicas que rigen el movimiento del agua en un medio poroso saturado. Parámetros y variables necesarios para definir el sistema. Condiciones iniciales y condiciones de borde. Requerimientos de información e incertidumbres. Simulación de situaciones de polución, contaminación y sobreexplotación.

**Módulo 6: Vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.** Concepto y metodologías para su determinación. Alcance, ventajas y desventajas. Índice y mapas de vulnerabilidad: obtención e interpretación. Aplicaciones.

**Módulo 7: Estrategias para la protección y uso sostenible del agua subterránea.** Transporte de contaminantes en el ambiente subterráneo. Protección de calidad y cantidad de agua subterránea. Inventario y caracterización de las amenazas potenciales de contaminación. Peligro de contaminación del agua subterránea. Articulación con situaciones ambientales de vulnerabilidad y riesgo. Remediación de acuíferos: conceptos básicos y tipos. Tipos de monitoreo. Priorización de acciones. Integración de conceptos. Desarrollo de aplicaciones y casos de estudio. Panel de experiencias sobre Gestión Integrada del Agua Subterránea en Latinoamérica.

## Modalidad y carga horaria

Se dictará desde el [Campus Virtual de Cap-Net](#) entre el 16 de agosto y 13 de octubre de 2021.

El curso se dictará en modalidad a distancia guiado por instructor. Cada semana se presentarán los contenidos de un módulo temático. Se pondrán en práctica diferentes estrategias de enseñanza para promover el aprendizaje activo y la participación. Los conceptos fundamentales serán presentados mediante videopresentaciones y la lectura guiada de obras de referencia bibliográfica especialmente seleccionado para cada tema por el equipo de profesores.

Habrará un foro de consultas permanentemente habilitado para que de manera opcional los participantes puedan evacuar las dudas e inquietudes que puedan surgir a lo largo del desarrollo del curso.

Cada semana se realizarán un foro de debate y un cuestionario de autoevaluación, ambas actividades de carácter obligatorio. Los foros de debate serán moderados por los integrantes del equipo de profesores quienes a través de sus comentarios ampliarán los temas considerados, responderán inquietudes y/o señalarán diferencias, errores, equivocaciones, sus soluciones o expresiones correctas. Los cuestionarios se realizarán en días y horarios establecidos y serán publicados en la programación al inicio del curso. Se establecerá también el tiempo disponible para responderlo.

La carga horaria total del curso es de 60hs, se estima una dedicación semanal promedio de 7.5hs (diaria estimada 1.5hs). Se recomienda a los participantes considerar la dedicación diaria y semanal estimada para la comprensión de los conceptos presentados a través de videopresentaciones o lectura, la participación en foros y la realización de los cuestionarios en la misma semana que se presentan los contenidos.

## Evaluación

La participación en los foros y la realización de los cuestionarios son las instancias de evaluación de desempeño de los participantes. Todas estas actividades son de carácter obligatorio y tienen plazos de realización que serán convenientemente informados.

La aprobación del curso se logra:

- Participando en todos los foros semanales
- Obteniendo una calificación umbral del 60% en cada cuestionario

Aquellos participantes que decidan validar el curso para posgrado podrán matricularse y obtener más información sobre las instancias de evaluación individual complementaria en: [mgirh.fich.unl@gmail.com](mailto:mgirh.fich.unl@gmail.com).

## Inscripción

El curso es gratuito y la inscripción estará abierta entre el 5 y 30 de julio de a través del siguiente vínculo: <https://cap-net.org/aguassubterraneeas-registro/>

La selección de los participantes tendrá en cuenta:

- El perfil indicado para los participantes
- La distribución de geográfica de los mismos
- El balance de género

Los participantes seleccionados serán notificados por correo electrónico a partir del 9 de agosto de 2021.

## Profesores

### Mónica D'Elia

[mdelia@fich.unl.edu.ar](mailto:mdelia@fich.unl.edu.ar)



Ingeniera en Recursos Hídricos, Magister en Ingeniería de los Recursos Hídricos y Doctora en Ciencias Geológicas. Profesora Titular de Hidrología Subterránea de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral (FICH-UNL). Es directora de la carrera de Ingeniería en Recursos Hídricos de la FICH-UNL. Ha dirigido proyectos de investigación científica y ha formado parte de grupos de investigación y de servicios de transferencia tecnológica nacionales e internacionales en la temática de las aguas subterráneas. Es autora y coautora de publicaciones en revistas científicas y coautora de libros, capítulos de libros. Ha dirigido pasantes, becarios y tesis de posgrado.

### María Vicenta Esteller Alberich

[mvestellera@uaemex.mx](mailto:mvestellera@uaemex.mx)



Es geóloga por la Universidad de Granada, España, y obtuvo el título de doctora, por esta misma universidad. Asimismo, llevo a cabo estudios de posdoctorado en la Universidad de Lisboa, Portugal. Ingresó en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), donde es profesora-investigadora en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA). Es nivel II en el Sistema Nacional de Investigadores. Ha ejercido labores como coordinadora de investigación y de estudios de posgrado. Sus líneas de investigación se han centrado en tres áreas: la contaminación de aguas subterráneas, el flujo y transporte en la zona no saturada y en la remediación y protección de acuíferos. Su obra científica consta de artículos en revistas internacionales indexadas, coordinadora de libros, así como de varios artículos de divulgación, y ponencias en congresos nacionales e internacionales. Ha sido responsable técnica de 11 proyectos de investigaciones financiados por el CONACyT y UAEMex.



### **Pablo Gallardo Almanza**

[pablo.gaap@gmail.com](mailto:pablo.gaap@gmail.com)

Maestro en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ingeniero Agrónomo especialista en Irrigación por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Desde 2001 especialista en hidráulica en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), donde ha participado y dirigido proyectos de estudios geohidrológicos de algunos acuíferos del país.



### **Rebeca González Villela**

[rebeca\\_gonzalez@tlaloc.imta.mx](mailto:rebeca_gonzalez@tlaloc.imta.mx)

Doctorado en Ciencias (Ecología de Sistemas y Recursos Acuáticos) en la Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, profesor de licenciatura y posgrado en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Ha publicado libros, revistas y capítulos en libros con arbitraje nacional e internacional. Revisora en revistas nacionales e Internacionales.



### **Thomas Gunter Kretzschmar**

[tkretzsc@cicese.mx](mailto:tkretzsc@cicese.mx)

Es hidrogeólogo/hidrogeoquímico en el Departamento de Geología del CICESE (MEXICO); es graduado de la Eberhard Karls Universitaet de Tubinga, Alemania (maestría y doctorado). Anteriormente fue empleado en la Universidad Autónoma de Cd Juárez y la Junta Municipal de Aguas y Saneamiento (JMAS) donde desarrolló un modelo hidroquímico para el acuífero del Bolsón del Hueco. En Baja California trabajo en diferentes proyectos CONACYT en la cuenca del Río Guadalupe con el objetivo de un uso sustentable de recurso hídrico. En un proyecto en colaboración con la Comunidad Europea es responsable de los modelos hidrogeológicos de las zonas geotérmicas de Los Humeros y Acoculco, Puebla. Hasta el momento ha graduado bajo su dirección más de 40 estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado con temas relacionados al desarrollo de acuíferos y balances hídricos entre otros temas. Fue responsable del sistema de laboratorios especializados del Centro Mexicano en Innovación en Geotermia (Cemie-Geo).



### **Alberto Manganelli**

[amanganelli@ceregas.org](mailto:amanganelli@ceregas.org)

Es Licenciado en Geología y Magister en Gestión Ambiental. Se desempeña como Director Ejecutivo del Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas en América Latina y el Caribe (CeReGAS). Tiene experiencia profesional en hidrogeología y ha trabajado como consultor de proyectos en organismos internacionales como PNUD, OEA y UNESCO; en las agencias nacionales y gobiernos municipales de Uruguay; así como para empresas privadas. También fue profesor en la Universidad de la República del Uruguay, y dirigió cursos de Evaluación de Impacto Ambiental en Actividades Mineras y Geología Ambiental en el Departamento de Ciencias Geológicas.





### **Gemma Cristina Millán Malo**

[gmillan@tlaloc.imta.mx](mailto:gmillan@tlaloc.imta.mx)

Licenciada en Ciencias de la Comunicación y maestra en Comunicación Institucional. Investigadora en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Ha participado y dirigido proyectos en torno a problemáticas socioambientales, vulnerabilidad socio hídrica; construcción de acuerdos; agua y saneamiento; asimismo ha implementado estrategias de comunicación en temas de agua para diferentes ámbitos. Cuenta con la publicación de artículos en libros y revistas.



### **Marta Paris**

[parismarta@gmail.com](mailto:parismarta@gmail.com)

Es Ingeniera en Recursos Hídricos, Magister en Ingeniería de los Recursos Hídricos y Doctora en Ciencias Geológicas. Su línea de trabajo como Profesora e Investigadora es la Hidrología Subterránea y la Gestión de los Recursos Hídricos. Ha dirigido proyectos de investigación científica y servicios de transferencia tecnológica nacionales e internacionales. Es autora de libros, capítulos de libros y publicaciones en revistas científicas. Es Directora de la Maestría en Gestión Sostenible del Agua (MGSA) y del Centro de Hidrología y Gestión del Agua (CHyGA) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral (FICH-UNL).



### **Marcela Pérez**

[maperez@fich.unl.edu.ar](mailto:maperez@fich.unl.edu.ar)

Ingeniera en Recursos Hídricos, Magister en Ingeniería de los Recursos Hídricos y Doctora en Ciencias Geológicas. Profesora Titular en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL). Ha dirigido y ha sido miembro de equipos de trabajo en proyectos de investigación científica y servicios de transferencia tecnológica nacionales e internacionales en la temática de las aguas subterráneas. Es coautora de libros, capítulos de libros y publicaciones en revistas científicas. Es Coordinadora del Área de Relaciones Internacionales de la FICH; y Responsable de una componente Argentina de Centro Regional de Formación (CRF) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).



### **Roberto Romero**

[rromero2005@gmail.com](mailto:rromero2005@gmail.com)

Es Licenciado en Sociología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), maestro en Sociología Política por el Instituto Mora, con estudios de doctorado en Ciencias Políticas y Sociales en la FCPyS de la UNAM. Desde 1998 es investigador social del IMTA, donde ha participado y dirigido proyectos de investigación en temas de participación social en organizaciones de regantes, vulnerabilidad social ante el cambio climático, adopción social de tecnologías hídricas, conflictos sociales por el agua, entre otros.



### **Diego Ruiz Aguilar**

[druiz@cicese.mx](mailto:druiz@cicese.mx)

Es Ingeniero Geofísico por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), maestro en Geofísica por la Universidad de Barcelona (España) y Doctor en Geofísica por la Universidad de Colonia (Alemania). Ha trabajado en diversos proyectos internacionales aplicados a la exploración de aguas subterráneas y de recursos geotérmicos. Actualmente trabaja como investigador en el CICESE (MEXICO), en donde desarrolla y dirige proyectos de exploración de acuíferos mediante la aplicación de métodos geofísicos. Es autor y coautor de publicaciones en revistas científicas indexadas, así como revisor de revistas internacionales.



### **Lucía Samaniego**

[lsamaniego@ceregas.org](mailto:lsamaniego@ceregas.org)

Licenciada en Geología, estudiante de la Maestría en Geociencias (Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas, Uruguay). Integrante del staff del Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas en América Latina y el Caribe (CeReGAS). Ha participado en varias publicaciones referentes a la hidrogeología.



### **Denise Soares**

[denisefoares@yahoo.com.mx](mailto:denisefoares@yahoo.com.mx)

Doctora en antropología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), maestra en Medio Ambiente y Desarrollo por el Instituto Politécnico Nacional (IPN, México), investigadora del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), área de participación social. Entre sus líneas de investigación se encuentran los derechos humanos al agua y al saneamiento, vulnerabilidad social y de género frente al cambio climático, adopción social de tecnologías, metodologías participativas y gestión social de cuencas.

## Cronograma

Semana	Fechas	Contenidos	Profesores
1	16 al 22 de agosto	<p><b>Registro de participantes</b></p> <p><b>Presentación del curso</b></p> <p><b>Módulo 1: Gestión integrada del agua subterránea.</b> Gestión de los sistemas de aguas subterráneas: conceptos, procedimientos metodológicos. Explotación intensiva de acuíferos: consecuencias, sobreexplotación. Rol de los sistemas hídricos subterráneos en la gestión de los recursos hídricos. Uso conjunto. Importancia del agua subterránea. Aspectos económicos y sociales de la gestión de los recursos hídricos subterráneos.</p>	Marta Paris FICH-UNL (Argentina)
2	23 al 29 de agosto	<p><b>Módulo 1 (continuación): Gestión integrada del agua subterránea.</b> Necesidad de un enfoque integrado en la gestión del agua subterránea. Escalas y horizontes de gestión. El plan de gestión para las aguas subterráneas: visión, objetivos y metas, diagnóstico, escenarios, implementación, control y monitoreo, retroalimentación. Protección de la calidad y cantidad del agua subterránea.</p>	Marta Paris FICH-UNL (Argentina)  Alberto Manganelli CeReGas-UNESCO (Uruguay)
3	30 de agosto al 5 de setiembre	<p><b>Módulo 2: Evaluación de los recursos hídricos subterráneos.</b> Conceptos hidrogeológicos básicos para abordar el estudio del sistema acuífero. Perforaciones, perfiles geológicos y prospección. Caracterización y estimación de la recarga. Propiedades hidrogeológicas. Tipos de acuíferos. Profundidad y nivel de agua en el acuífero. Gradiente hidráulico. Ley de Darcy. Calidad natural del agua subterránea. Mediciones y toma de muestras. Relación entre aguas subterráneas y superficiales.</p>	Thomas Gunter Kretzschmar Diego Ruiz Aguilar CICESE (México)  Lucia Samaniego CeReGas-UNESCO (Uruguay)
4	6 al 11 de setiembre	<p><b>Módulo 3: Desafíos de la gobernanza de las aguas subterráneas desde los ámbitos ambiental y social.</b> Cuantificación de la demanda. Ecosistemas dependientes. La gestión de la participación, gobernanza y gobernabilidad, gestión de la información y comunicación en el marco del plan de gestión de aguas subterráneas.</p>	Roberto Romero Denise Soares Pablo Gallardo Almanza Gemma Cristina Millán Malo Rebeca González Villela IMTA (México)
5	12 al 19 de setiembre	<p><b>Módulo 4: Infraestructura para el aprovechamiento de aguas subterráneas.</b> Obras de captación, caudales de explotación. Áreas de protección de captaciones, zonas de recarga, etc. Inspección sanitaria de pozos de abastecimiento.</p>	María Vicenta Esteller Alberich (CIRA-UAEM, México)  Marta Paris (FICH-UNL, Argentina)
6	20 al 25 de setiembre	<p><b>Módulo 5: Modelación matemática de acuíferos.</b> Planteamiento general, modelo conceptual, matemático y numérico. Condiciones físicas y ecuaciones básicas que rigen el movimiento del agua en un medio poroso saturado. Parámetros y variables necesarios para definir el sistema. Condiciones</p>	Marcela Pérez FICH-UNL (Argentina)

		iniciales y condiciones de borde. Requerimientos de información e incertidumbres. Simulación de situaciones de polución, contaminación y sobreexplotación.	
<b>7</b>	26 de setiembre al 3 de octubre	<b>Módulo 6: Vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.</b> Concepto y metodologías para su determinación. Alcance, ventajas y desventajas. Índice y mapas de vulnerabilidad: obtención e interpretación. Aplicaciones.	Mónica D'Elía FICH-UNL (Argentina)  María Vicenta Esteller Alberich (CIRA-UAEM, México)
<b>8</b>	4 al 10 de octubre	<b>Módulo 7: Estrategias para la protección y uso sostenible del agua subterránea.</b> Transporte de contaminantes en el ambiente subterráneo. Protección de calidad y cantidad de agua subterránea. Inventario y caracterización de las amenazas potenciales de contaminación. Peligro de contaminación del agua subterránea. Articulación con situaciones ambientales de vulnerabilidad y riesgo. Remediación de acuíferos: conceptos básicos y tipos. Tipos de monitoreo. Priorización de acciones. Integración de conceptos. Desarrollo de aplicaciones y casos de estudio.	Mónica D'Elía FICH-UNL (Argentina)  Marta Paris (FICH-UNL, Argentina)
	13 de octubre	<b>Panel de experiencias sobre Gestión Integrada del Agua Subterránea en Latinoamérica (13 de octubre, fecha a confirmar. Evento sincrónico).</b>	

## Bibliografía

Las obras de referencia bibliográfica se dispondrán en el aula virtual del curso o bien se indicará su acceso URL a las plataformas de contenidos donde estén disponibles.

- Bedekar, V., Morway, E., Langevin, C., Tonkin, M. 2016. MT3D-USGS version 1: A U.S. Geological Survey release of MT3DMS updated with new and expanded transport capabilities for use with MODFLOW: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A53. US Geological Survey. 69 páginas. <http://dx.doi.org/10.3133/tm6A53>
- Cap-Net & GWP. 2005. *Integrated Water Resources Management Plans. Training Manual and Operational Guide*. 100 pág. Documento en línea. <https://www.gwp.org/contentassets/f998a402e3ab49ea891fa49e77fba953/iwrmp-training-manual-and-operational-guide.pdf>
- Cap-Net. 2010. *Groundwater Management in IWRM*. Training manual. International Network for Capacity Building in Integrated Resources Management. Pretoria, South Africa. 114 páginas. Documento en línea. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/groundwater-management-in-iwrm.-training-manual-cap-netagw-netgw-mate-2010.pdf>
- Diaz Delgado C.; Esteller Alberich M. y López Vera F. (editores). 2005. Recursos hídricos. Conceptos básicos y estudios en Iberoamérica. Piriguazú Ediciones/CIRA-UAEM. Montevideo (Uruguay)/Toluca (México). 747pág. ISBN 99774-7571-6-9. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58927/2005-Recursos%20hidricos%202005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Foster S., R. Hirata, D. Gomes, M. D'Elia y M. Paris. 2003. *Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. 2003. Mundi prensa, Madrid, España. 128 páginas. ISBN 84-8476-146-0. Documento en línea. <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/229001468205159997/pdf/25071PUB01Spanish10BOX0334116B01PUBLIC1.pdf>
- GWP – Global Water Partnership. 2005. *Estimulando el cambio: Un manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y de optimización del agua*. Noruega, 52 páginas. Documento en línea. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/catalyzing-change-handbook/01-catalyzing-change.-handbook-for-developing-iwrm-and-water-efficiency-strategies-2004-spanish.pdf>
- Indij D., Paris M. y Schreider M. 2014. Herramientas para contribuir a la gestión sustentable del agua en Latinoamérica. JRC Scientific and Technical Reports. European Commission Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISSN 1831-9424 (online). doi: 10.2788/824991. 73 páginas. Documento en línea. [http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/eusoiils\\_docs/doc\\_other.html](http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoiils_docs/doc_other.html)
- Konikow L. 2002. Uso de modelos numéricos para simular el flujo y el transporte subterráneo. En: Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico. IGME. Temas: Guías y manuales. Sección VI. Parte 4. Pág. 533:558. ISBN: 84-7840-465-1. Documento en línea. <https://docplayer.es/54215696-4-uso-de-modelos-numericos-para-simular-el-flujo-y-el-transporte-subterraneo.html>
- Martínez Navarrete C, García García A. 2003. Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas N°10. ISBN 847-7840-496-1. 217 páginas. Documento en línea. [https://books.google.com.ar/books/about/Per%C3%ADmetros\\_de\\_protecci%C3%B3n\\_para\\_captacio.html?id=k1t83XLOFEMC&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ar/books/about/Per%C3%ADmetros_de_protecci%C3%B3n_para_captacio.html?id=k1t83XLOFEMC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- McDonald, M.G., Harbaugh, A.W. 1988. A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model. Techniques of Water-Res. Invests. of the U.S. Geol. Survey, Book 6, Ch. A1. US Geological Survey. 586 páginas.
- Pollock, D.W. 2012. User Guide for MODPATH Version 6—A Particle-Tracking Model for MODFLOW: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6—A41. US Geological Survey. 58 p. Documento en línea. [https://pubs.usgs.gov/tm/6a41/pdf/TM\\_6A\\_41.pdf](https://pubs.usgs.gov/tm/6a41/pdf/TM_6A_41.pdf)
- Schmoll O, Howard G, Chilton J, y Chorus I. 2006. Protecting Groundwater for Health. Managing the quality of drinking-water sources. IWA Publishing-WHO World Health Organization. Londres. ISBN 1843390795. 155 páginas. Documento en línea. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43186/9241546689\\_eng.pdf;jsessionid=AB6E047DDEB052298482024E43C63349?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43186/9241546689_eng.pdf;jsessionid=AB6E047DDEB052298482024E43C63349?sequence=1)
- Spayd S y Johnson S. 2003. Guidelines for delineation of well head protection areas in New Jersey. Trenton, NJ. NYGS - New Jersey Geological Survey. 27 páginas. Documento en línea. <https://www.state.nj.us/dep/njgs/whpaguide.pdf>
- UNESCO. 2015. Estrategia regional para la evaluación y gestión de los sistemas acuíferos transfronterizos en las Américas. Programa UNESCO/OEA ISARM Américas Acuíferos transfronterizos de las Américas. Serie ISARM Américas, No 4 ISBN 978-92-9089-196-3. 183 páginas. Documento en línea. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235394>