

# ENSEÑANZA Y APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL SECTOR HÍDRICO

Ben-Hur RUIZ-MORELOS<sup>a</sup>, Juan Fco. GÓMEZ-MARTÍNEZ<sup>b</sup>

<sup>a y b</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México

<sup>a</sup>ben\_morelos@tlaloc.imta.mx; juanfco@tlaloc.imta.mx

## RESUMEN

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) es un organismo público descentralizado del Gobierno Federal adscrito a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), que se aboca a enfrentar los retos nacionales y regionales asociados con el manejo del agua. El IMTA tiene como objetivo principal contribuir a la gestión sustentable del agua a través del conocimiento, la tecnología, la formación de recursos humanos y la innovación. Durante los últimos años se ha capacitado a especialistas relacionados con el sector medio ambiente en diferentes áreas del conocimiento dentro del sector hídrico. Específicamente se han impartido cursos sobre el uso, manejo y aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en diferentes niveles. El objetivo es impulsar un programa robusto a nivel nacional que impacte directamente en mejorar las actividades diarias de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) como autoridad en materia hídrica. La importancia del manejo de los SIG radica en que se debe generar información geográfica y estadística confiable que sea insumo de herramientas de modelación hidráulica e hidrometeorológica y obtener resultados que apoyen la toma de decisiones para la gestión integrada del agua.

**Palabras clave:** Capacitación, gestión del agua, sector hídrico, SIG.

## ABSTRACT

The Mexican Institute of Water Technology (IMTA) is a decentralized government organization devoted to facing the national and regional challenges associated with water management and developing new approaches in technological research and development for the protection of water resources and their efficient and fair allocation among different users. The aims of the Institute are to contribute to the sustainable management of water through knowledge, technology, human resources training, and innovation, and to further the development of water science and technology through the training of highly qualified personnel. In recent years it has trained specialists related to the environment sector in different areas of knowledge within the water sector. The IMTA has taught courses on the use, management and implementation of Geographic Information Systems (GIS) at different levels. The aim is to promote a robust nationwide program that impacts directly on improving the daily activities of the National Water Commission (Conagua) as an authority on water issues. The importance of GIS is that hydraulic and hydrometeorological modeling tools require geographic information reliable to obtain results that support decision-making for integrated water management.

**Keywords:** Training, water management, water sector, GIS.

## 1 INTRODUCCIÓN

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) es un organismo público descentralizado

que se aboca a enfrentar los retos nacionales y regionales asociados con el manejo del agua y a perfilar nuevos enfoques en materia de investigación y desarrollo tecnológicos para

proteger el recurso y asignarlo de manera eficiente y equitativa entre los distintos usuarios. Los objetivos del Instituto son:

- Contribuir a la gestión sustentable del agua a través del conocimiento, la tecnología, la formación de recursos humanos y la innovación.
- Incorporar al sector hídrico en la sociedad del conocimiento.
- Crear un alto valor agregado para las instituciones del sector hídrico mediante el conocimiento, la creación y adaptación de tecnologías y el suministro de servicios tecnológicos altamente especializados.
- Impulsar el desarrollo de la ciencia y la tecnología del agua, en especial mediante la formación de personal altamente capacitado a nivel especialización y posgrado.

Entre otras actividades importantes el IMTA apoya la implementación del Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE), participa en la puesta en marcha del Programa Nacional de Prevención contra Contingencias Hidráulicas (PRONACH) y, en estrecha colaboración con la Conagua, trabaja en la elaboración del Programa Nacional Hídrico 2013-2018 con el fin de asegurar que los mexicanos gocemos del acceso al recurso y transitemos hacia la política de Estado que, en materia de agua, ha propuesto el Gobierno de la República en los objetivos siguientes:

- Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua.
- Incrementar la seguridad de la población y áreas productivas ante sequías e inundaciones.
- Asegurar el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Asegurar el agua para el riego agrícola, energía, industria, turismo y otras actividades productivas de manera adecuada y sustentable.
- Contribuir en la formación de una cultura mexicana del agua acorde con su realidad e incrementar las capacidades técnica, científica y tecnológica del sector.
- Consolidar la participación de México en materia de agua en el contexto internacional.

Respecto a la formación de recurso humanos especializados de alto nivel para el sector hídrico y medio ambiente, el IMTA ofrece programas de posgrado diseñados bajo un enfoque integral y multidisciplinario, para la atención de uno de los más grandes desafíos que enfrenta México y otros países: superar la crisis por la que atraviesa el recurso hídrico.

El programa de posgrado en Ciencias y Tecnología del Agua ofrece las maestrías en Sistemas Hidráulicos, Hidrometeorología y en Sistemas Ambientales, así como un doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua. Dentro del programa de posgrado a distancia se ofrece la maestría de Gestión Integrada del Recurso Hídrico.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) estableció en las instalaciones del IMTA el Campus Morelos en el año de 1987, como parte del Programa de Posgrado Maestría y Doctorado en Ingeniería de la UNAM. Así dio inicio sus actividades con los estudios de posgrado en Ingeniería Hidráulica y en 1993 abre el posgrado en Ingeniería Ambiental. El Campus Morelos es una extensión de la Facultad de Ingeniería como entidad participante en el Programa de Posgrado.

Referente a la capacitación de personal de la Conagua, en los últimos cinco años se ha emprendido un programa de capacitación que atiende varias áreas del conocimiento del sector hídrico como lo es Calidad del Agua, Riego y Drenaje, Hidráulica, Hidrología, Topografía, Certificación de Personal, entre otros.



Figura 1. Programa de capacitación y Posgrado (IMTA 2015).

Un tema que ha tomado mucha relevancia en años recientes y que actualmente resulta indispensable para el manejo de los recursos naturales es, sin duda, la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Dentro del sector hídrico se utilizan para la Gestión Integrada del Agua (GIA), ya que primeramente se requiere organizar la información geográfica disponible, así como los datos históricos de las variables hidroclimatológicas medidas históricamente. Una vez organizadas y validadas se pueden emplear en diferentes procesos del ciclo hidrológico y obtener resultados que ayuden a: la identificación de zonas de vulnerabilidad, proponer acciones preventivas y elaborar programas para la sustentabilidad del recurso hídrico.

A continuación se describe el proceso de capacitación de personal en el sector hídrico que el IMTA lleva a cabo con personal de la Conagua:

## 2 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

Cada año se elabora un programa de capacitación para el personal de la Conagua en materia hídrica. La cantidad de cursos y temas depende de las necesidades que se tengan a lo largo y ancho del país, ya que la Conagua tiene 13 Organismo de Cuenca y 20 Direcciones Locales para administrar el recurso hídrico nacional (Conagua, 2015), por lo que las necesidades varían de acuerdo con las condiciones presentes en cada unidad administrativa.



Figura 2. Desarrollo de curso de capacitación.

## 2.1 DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES

Durante los primeros meses de cada año, el área encargada de capacitación de la Conagua aplica un diagnóstico de necesidades de capacitación a los trabajadores de cada unidad administrativa, concentrando así las necesidades a nivel nacional. Básicamente las grandes áreas de Conagua se dividen en *Infraestructura Hidroagrícola, Agua Potable y Saneamiento, Administración del Agua, Planeación* y el *Área Técnica*, siendo ésta la más representativa ya que se tratan temas de *Calidad del Agua, Geohidrología e Hidrología Superficial*, y es aquí donde se determina la disponibilidad del agua en acuíferos y cuencas del país.

## 2.2 SELECCIÓN DE TEMAS

Una vez que se tienen definidas las necesidades de capacitación del personal, se realiza una depuración para agruparlas en temas estratégicos derivados de la petición mayoritaria y se determina el nivel de capacitación, ya sea básico, intermedio o avanzado. Cabe resaltar que se tienen identificadas las necesidades de cada área, sin embargo, ante el avance científico y desarrollo de nuevas tecnologías, es necesario actualizar o incluir temas que no se consideraban anteriormente, con el fin de llevar a cabo una capacitación integral en beneficio de cada área.

## 2.3 CURSOS Y SEDES

De acuerdo con los temas definidos y con la ubicación de los solicitantes, el área encargada de capacitación en *Oficinas Centrales* de la Conagua establece en conjunto con el IMTA, un catálogo de cursos y las sedes donde se llevarán a cabo los cursos, talleres y prácticas. Para cada curso a impartirse el IMTA desarrolla una ficha técnica donde se define el nombre, objetivo, temario, requerimientos y alcance del curso, para garantizar el correcto desarrollo y el aprendizaje de los asistentes.

## 2.4 CONVENIO DE COLABORACIÓN

Una vez que se han pulido las actividades anteriores se procede a firmar un convenio de colaboración entre el IMTA y la Conagua. En un documento se plasman los alcances, objetivos, catálogo de cursos y periodo de ejecución. Como producto final se entregan los reportes de cada

curso donde se incluye toda la documentación generada en cada evento.

## 2.5 DESARROLLO DE LOS CURSOS

Cada curso está coordinado por una persona del IMTA, cuyas funciones son proveer lo necesario al instructor del curso y a los participantes (material didáctico, proyector, conexiones, etc.), así como tomar listas de asistencia, emitir constancias de participación, galería fotográfica y apoyo para la aplicación de las evaluaciones inicial y final.

Antes de iniciar un curso se realiza una evaluación inicial a manera de diagnóstico y al finalizar el curso se aplica la evaluación final con el objetivo de medir el aprovechamiento de los participantes. La calificación obtenida es plasmada en sus respectivas constancias.

Cada curso cuenta con al menos un instructor principal, el cual es designado de acuerdo a sus conocimientos sobre el tema. En ocasiones es necesario contar con un instructor adicional para apoyar al personal en la ejecución de los talleres y ejercicios. Cabe resaltar que la mayoría de los cursos están diseñados para una participación máxima de 25 asistentes.

## 3 CURSO APLICADO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los Sistemas de Información Geográfica han ganado mucha importancia recientemente debido a su empleo para procesar información geoespacial como insumo para modelos de simulación hidráulica, hidrológica, geohidrológica así como modelos de optimización, de planeación, de calidad del agua, entre otros.

Las actividades desarrolladas en la Conagua se pueden efficientar al utilizar alguna plataforma geográfica para organizar, validar, visualizar, procesar y generar información geográfica y tabular. En la mayoría del áreas se pueden implementar acciones que mejoren los procesos actuales de recopilación y organización de los datos. Los trámites que realizan los usuarios de aguas nacionales pueden ser resueltos de manera más rápida si se apoyan en alguna plataforma SIG. Es por ello que se ha capacitado a personal de

todas las áreas de la Conagua durante los últimos cinco años, de manera que tengan las bases principales sobre las herramientas geográficas que brinden apoyo en la realización de sus actividades cotidianas en beneficio del sector.

Debido a los diferentes perfiles del personal de la Conagua y a sus múltiples tareas, en el curso sobre *Sistemas de Información Geográfica aplicado al Sector Hídrico* se utiliza información que la propia Conagua genera o utiliza en sus diferentes áreas, para tratar de establecer metodologías o sistematizar procesos que brinden información confiable.

El curso se ha impartido en nivel básico, intermedio y avanzado. En el curso básico se explican los conceptos y definiciones fundamentales sobre SIG y cartografía. Se explican los diferentes formatos de almacenamiento de datos vectoriales y su correcta organización. Se estudian y exploran las diferentes interfaces del software ArcGIS y se practican los métodos de selección mediante diferentes criterios. Otro tema es para asignar una simbología temática adecuada así como etiquetar a los elementos geográficos. Se realizan ejemplos para generar mapas temáticos completos para fines de impresión. Un tema muy importante es la edición de datos geográficos, ya que mucha información debe ser actualizada constantemente por la dependencia. También se realizan tareas de georreferenciación y proyecciones dado que la información que se tiene se encuentra en diferentes sistemas de coordenadas a lo largo del tiempo. También se emplean Bases de Datos Geográficas (GDB) y se trabaja con tablas no espaciales con el fin de incorporar toda la información histórica existente.

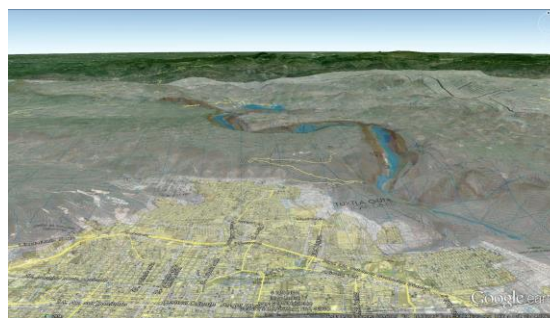
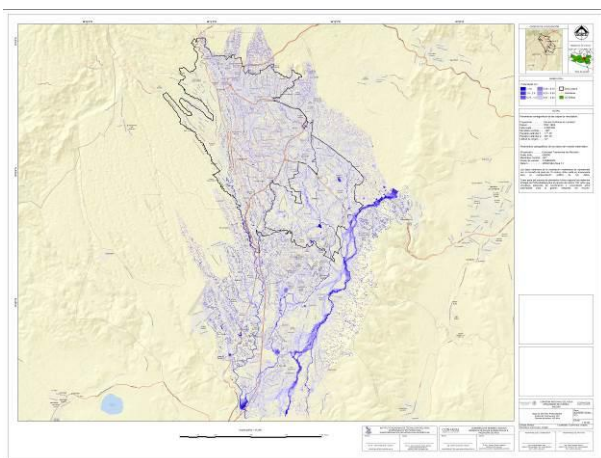


Figura 3. Despliegue de carta topográfica con relieve.



En el curso intermedio se hace un repaso de conceptos generales sobre cartografía y SIG, se optimizan los métodos de consulta, selección, simbología y etiquetado mediante consultas en lenguaje computacional. Se utilizan herramientas avanzadas de edición y se realizan verificaciones topológicas de los datos. Se asignan metadatos a las capas generadas y se automatizan procesos mediante la herramienta Model Builder. Se exploran algunas fuentes de información vectorial y raster como son archivos *Shapefile*, Modelos Digitales de Elevación e Imágenes de Satélite. Se construyen archivos raster para representar variables continuas, se procesan dichos raster mediante álgebra de mapas, se construyen modelos tridimensionales y se obtienen propiedades geométricas de los elementos espaciales. El geoprocamiento espacial caracteriza este nivel de curso ya que se aprende a discretizar cualquier variable y extensión geográfica. También se emplean herramientas de Topografía como la extensión COGO y se aprende la teoría y el procedimiento para delimitar cuencas hidrológicas y obtener sus características morfológicas principales para posteriormente alimentar modelos de simulación hidráulica e hidrológica.



**Figura 4. Mapa temático sobre inundaciones.**

En el curso avanzado se aprende a combinar los resultados de la plataforma SIG con otras plataformas para modelación unidimensional o bidimensional ya sea Hidrológica, Hidráulica, Geohidrológica, de Calidad del Agua, entre otros. Normalmente para el caso concreto de la Conagua, se utiliza el ArcGIS para alimentar a los modelos

HEC-RAS y HEC-HMS desarrollados por el Centro de Ingeniería Hidrológica de los Estados Unidos de América. Se aprende a utilizar el Modelo de Datos ArcHydro para el análisis de redes geométricas y para automatizar el proceso de modelado de cuencas y obtención de características morfológicas. También se realizan actividades básicas de percepción remota para el análisis de coberturas vegetales y usos de suelo, con la finalidad de obtener el coeficiente de escurrimiento de las cuencas para realizar balances hidrológicos y determinar la disponibilidad de agua superficial.

#### 4 CONCLUSIONES

Actualmente la Ingeniería no se concibe si no se realiza modelación para comparar diferentes alternativas bajo distintos escenarios, y las plataformas geográficas proveen herramientas útiles para procesar la información necesaria para llevar a cabo dicha modelación. Todo estudio y análisis hidráulico e hidrológico requiere de información histórica de distintas variables hidroclimatológicas medida durante largos periodos, por lo que contar con información espacial y de series de tiempo confiable y bien organizada es indispensable en las Instituciones Oficiales del sector Medio Ambiente. De esta manera se garantiza que los resultados obtenidos mediante herramientas de modelación hidrológica brindarán apoyo para la generación de programas contra eventos hidrometeorológicos extremos que ayuden a reducir pérdidas humanas y económicas. En la medida en que los procesos sustanciales del sector hídrico sigan una metodología probada, con datos confiables y con personal capacitado, permitirán tener una mejor aproximación de la realidad. Es por esto que cada año se revisa y mejora el programa de capacitación para el personal encargado de administrar el recurso hídrico nacional.

#### REFERENCIAS

- Conagua, 2015. Comisión Nacional del Agua. Estructura Orgánica Operativa, <http://www.conagua.gob.mx/directorio/> (acceso el 02 Sep. 2015).
- IMTA, 2015. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Subcoordinación de Capacitación Continua, <http://www.imta.gob.mx/> y <http://www.imta.edu.mx/> (acceso el 14 Sep. 2015).