

# CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA

INFORME ANUAL IMTA

2015

INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

# CONTENIDO

**Mensaje del Director General**  
**El IMTA en México**  
**El IMTA en síntesis**

## **Principales Resultados**

- 1 Investigación, desarrollo tecnológico e innovación**
- 2 Asesoría y servicios tecnológicos**
- 3 Formación de recursos humanos**
- 4 Promoción y difusión del conocimiento**
- 5 Cooperación técnica internacional**
- 6 Otras actividades relevantes**
- 7 Premios y distinciones**

## **Anexos**

- 1 Vinculación con centros de investigación, desarrollo tecnológico y universidades**
- 2 Administración**
- 3 Proyectos 2015 que conforman estrategias integrales de atención**
- 4 Catálogo de proyectos desarrollados (diciembre 2015)**

# El IMTA en México

## Incidencia del IMTA en la república mexicana

### Acciones por estado

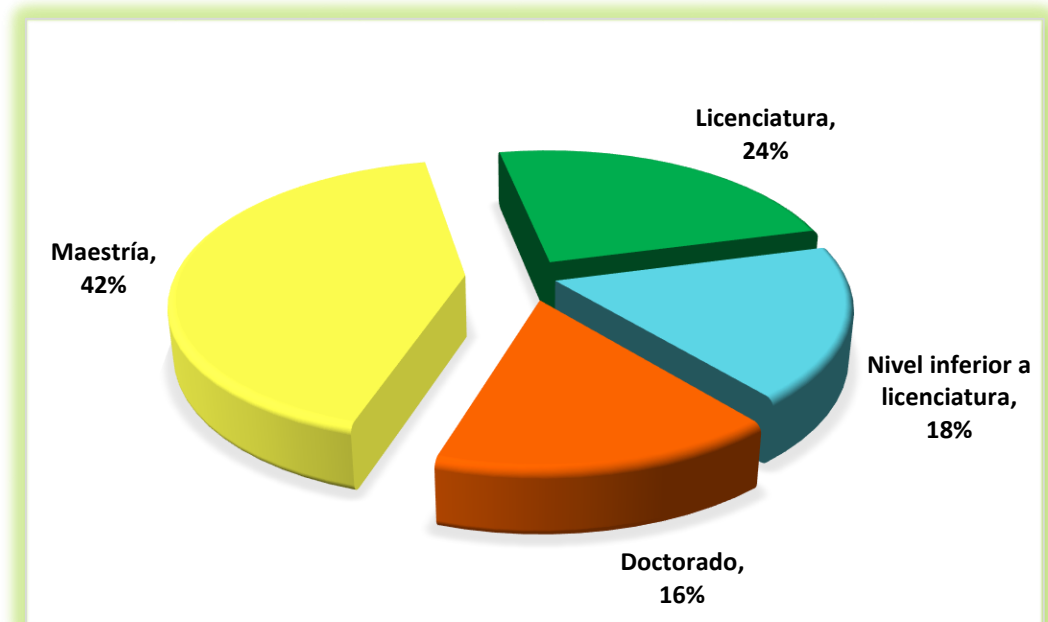


# El IMTA en síntesis

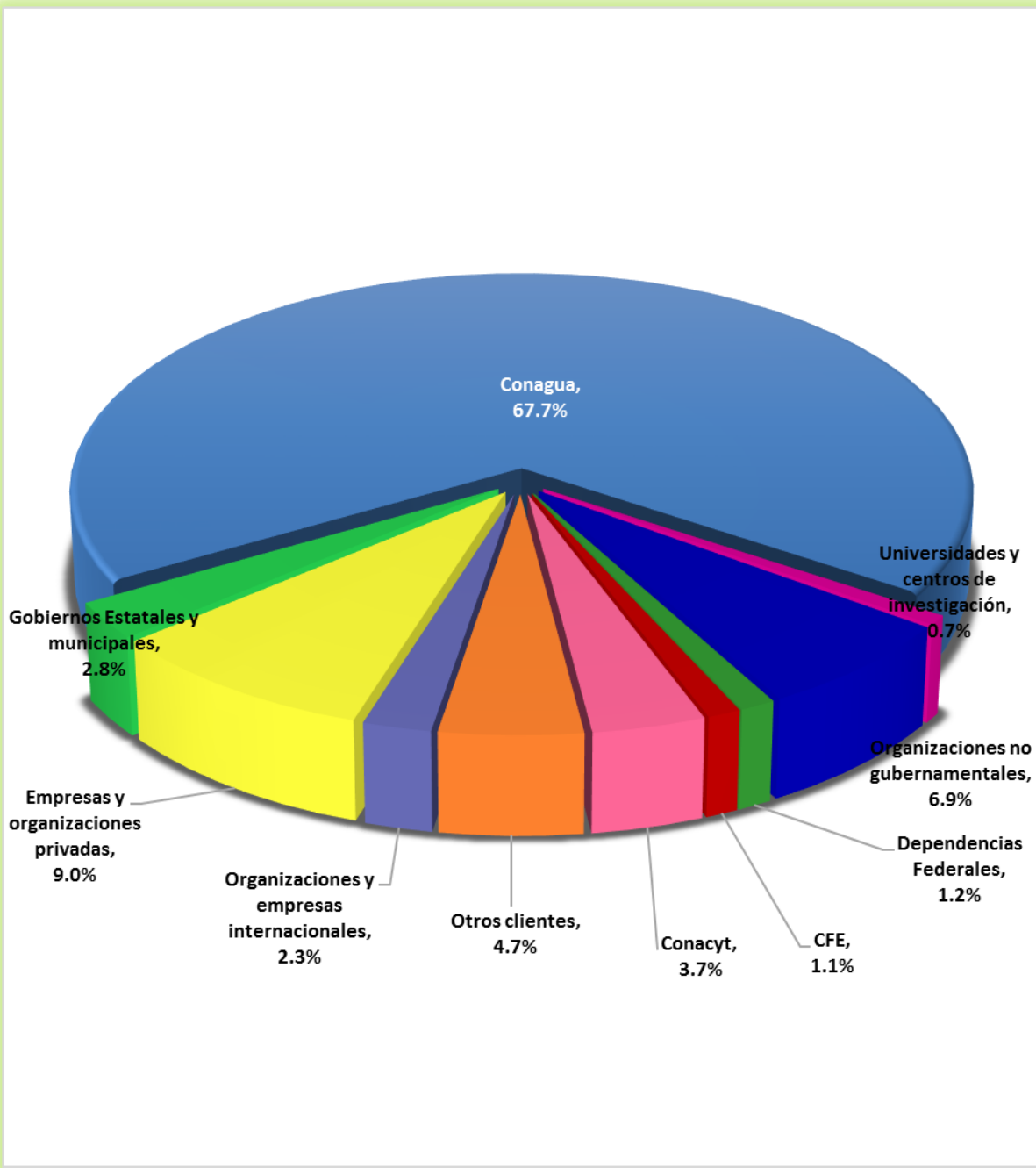
## Potencial humano



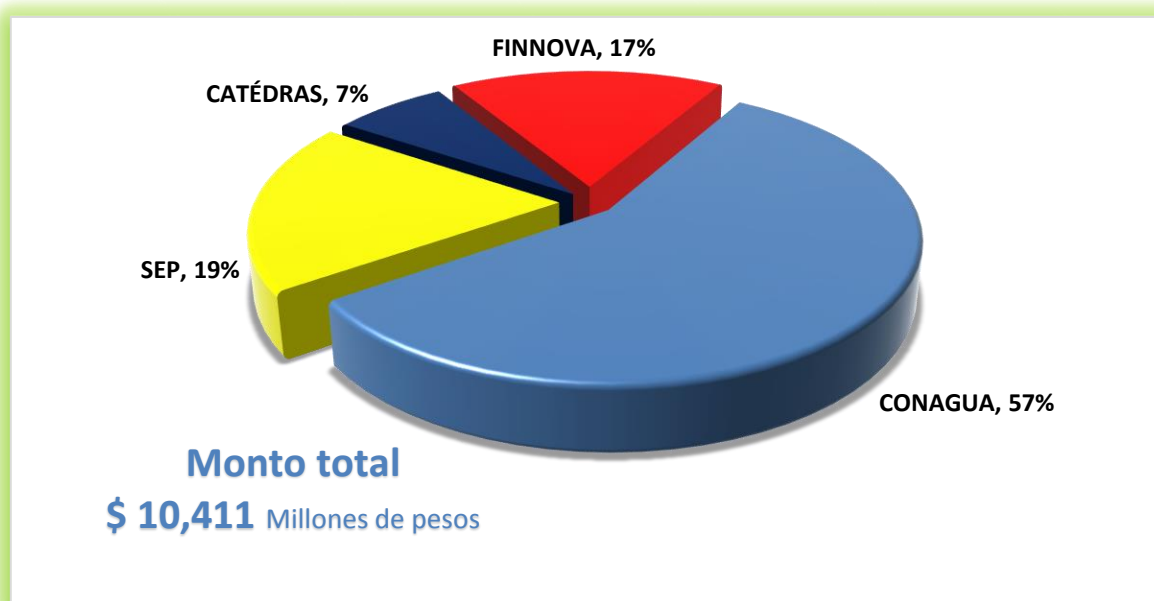
## Personal por grado académico



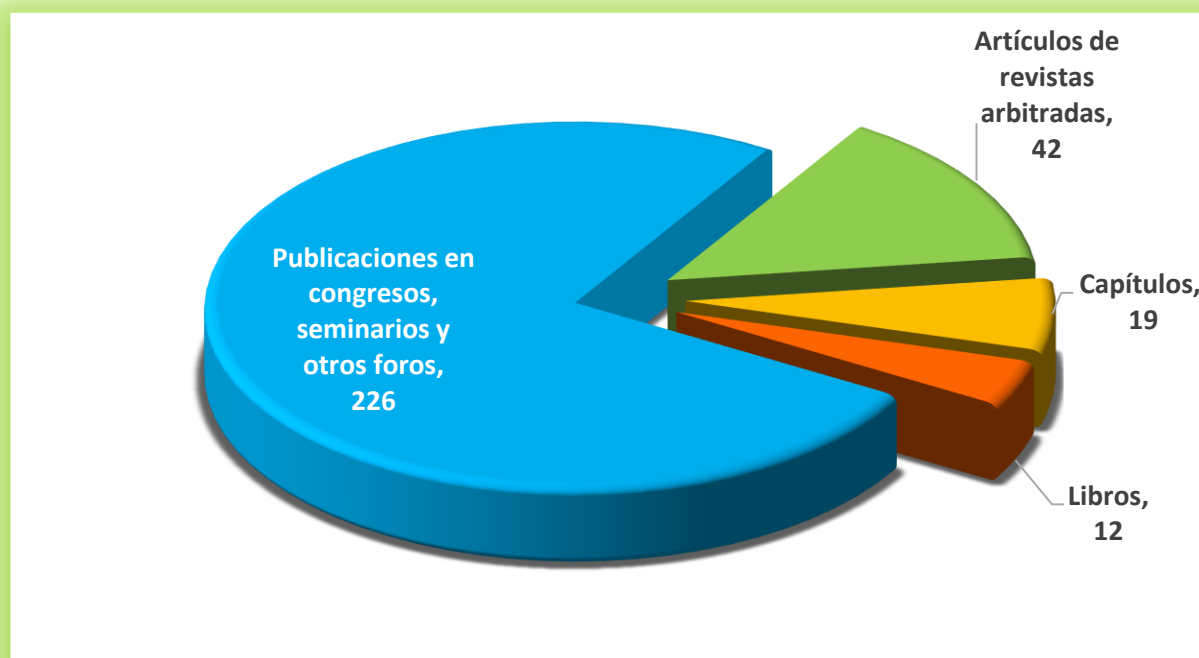
# Instituciones con las que colabora el IMTA



## Investigación por tipo de fondo Conacyt



## Producción científica



## Libros editados

<b>Título</b>	<b>ISBN</b>	<b>Editorial</b>	<b>Autor</b>	<b>Lugar y fecha de publicación</b>
<i>Vulnerabilidad y adaptación en Yucatán. Un acercamiento desde lo local y con enfoque de equidad de género</i>	978-607-9368-10-4	IMTA-CONACYT- Universidad Autónoma de Yucatán	Denise Soares, María Teresa Munguía, Gemma Millán, Jorge Villarreal, Hilda Salazar y Germán Méndez	Edición impresa. Jiutepec, Mor., enero 2015
<i>Control biológico del lirio acuático en México. Primera experiencia exitosa con neoquetinos en distritos de riego. Vol. II</i>	978-607-7563-90-7 (OC) 978-607-9368-16-6 (vol. II)	IMTA "Divulgación"	Ovidio Camarena Medrano y José Ángel Aguilar Zepeda	Edición digital, Jiutepec, Mor., abril 2015. Publicado en la Biblioteca Digital del Agua
<i>I Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua en la GIRH</i>	En trámite	IMTA	Varios (Eds. Alejandro Sainz y Rafael Val)	Ediciones impresa y digital Jiutepec, Mor., junio 2015
<i>Tópicos socio-ambientales emergentes y productivos en la cuenca de Jovel y periferia, Chiapas</i>	978-607-9368-27-2	IMTA-Universidad Autónoma Chapingo	Varios (Eds. Antonio García y Denise Soares)	Impreso. Jiutepec, Mor., julio 2015
<i>Geotecnia en ingeniería de presas (reimpresión)</i>	968-7417-91-9	IMTA "Divulgación"	Raúl Flores Berrones	Impreso. Jiutepec, Mor., agosto 2015
<i>El jaguar de la lluvia y el cerro Atlatzilistle: una rogación de lluvia en Zitlala</i>	978-607-9368-29-6 (vi) 978-607-9368-28-9 (vd)	IMTA-Cátedra IMTA-UNESCO	José Luis Martínez	Impreso. Jiutepec, Mor., agosto 2015
<i>Conservación de agua y suelo, y uso de energía renovable en microcuencas. Manual técnico</i>		IMTA "Manuales"	Javier Ramírez y Alfredo Gómez	Edición digital, Jiutepec, Mor., agosto 2015
<i>Fuerzas impulsoras de las Tecnologías de la Información y Comunicación en México: una aproximación desde el sector agua</i>	978-607-9368-31-9	IMTA "Divulgación"	Guillermo Hernández	Edición digital, Jiutepec, Mor., octubre 2015
<i>Alternativas viables para la provisión de servicios básicos en áreas periurbanas. Lecciones desde Xochimilco, Ciudad de México</i>	978-607-9368-30-2 (vi) 978-607-9368-32-6 (vd)	IMTA "Agua y sociedad"	Eduardo López, José Luis Martínez, Daniel Murillo y Pablo Chávez	Ediciones impresa y digital, Jiutepec, Mor., octubre 2015
<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	978-607-9368-34-0	Convenio IMTA-ANEAS	Varios (Ed. Gabriela Moeller y Luciano Sandoval)	Edición digital Jiutepec, Mor., noviembre 2015
<i>Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático</i>	978-607-9368-07-4 (vi) 978-607-9368-09-8 (vd)	IMTA "Avances del Conocimiento"	Varios (Eds. Felipe I. Arreguín Cortés, Víctor Bourguett, Raúl Saavedra, Olivia Rodríguez y Martín Montero)	Edición impresa Jiutepec, Mor., diciembre 2015
<i>Metodologías para el cálculo de caudales ecológicos y ambientales en ríos regulados por presas</i>	978-607-9368-37-1	IMTA "Avances del Conocimiento"	Rebeca González y Alfonso Banderas	Edición digital Jiutepec, Mor., diciembre 2015

## Patentes 2015 y modelos de utilidad

NÚM.	NOMBRE	ESTATUS
1	Dispositivo para aireación y circulación de lagos y embalses.	Título 273455
2	Banco de pruebas de los elementos que conforman las tomas domiciliarias.	Título 233877
3	Método para el tratamiento de lodos provenientes del tratamiento de agua, recuperación de coagulante y disposición.	Título 227928
4	Mezcla cruda para la producción de Clinker de cemento tipo Portland resistente a la corrosión microbiológica.	Título 282541
5	Válvula con cámaras de amortiguamiento paralelas para la separación y expulsión de aire en la toma de agua domiciliaria.	Título 237185
6	Sistema de floculación accionado con aire.	Título 250205
7	Formulación de micoherbicida para el control del lirio acuático.	Título 286577
8	Utilización del tabachín y de la jacaranda en biofiltros utilizados en el tratamiento de aguas residuales (copropiedad IMTA/CRIQ).	Título 299532
9	Proceso de tratamiento biológico aerobio de aguas residuales, mediante biocinta sumergida e instalación para su realización (BIOSTAR 1).	Título 308091
10	Método de biofiltración de un efluente líquido. (Copropiedad IMTA/CRIQ).	Título 306035
11	Estructura para disipación de energía y aeración de corrientes de agua.	Título 309388
12	Limitador de gasto para redes de riego a presión.	Título 315201
13	Estructura disipadora de energía y orientadora de flujo de vertedores de excedencias tipo abanico.	Título 322928
14	Modificación a la tecnología de filtración en múltiples para reúso de agua en la acuicultura, con descarga cero.	Título 325064
15	Sistema de calibración para sensores de temperatura (SICAST).	Título 322188
16	Banco de pruebas para válvulas hidráulicas de compuerta y mariposa 2" hasta 12".	Título 329455
17	Método para producir un medio filtrante orgánico activado con basidiomicetos y método para su uso en biofiltros, para remover moléculas recalcitrantes, color y reducir toxicidad en aguas residuales.	Título 332656
18	Tratamiento de lixiviados de solución nutritiva y su reúso en cultivos de hidroponía.	Título 332655
19	Sistema combinado de biofiltración-humedal para el tratamiento de aguas residuales de viviendas unifamiliares.	Título 332990
20	Remoción de nitrógeno en un reactor biológico por combinación de biomasa sumergida en lecho fijo, y suspensión (modificación del sistema de lodos activados Ludzack-Ettingger).	Título 332654
21	Estación hidrométrica itinerante, auxiliar en operaciones de aforo con molinete.	Título 332648
22	Concentrador solar de paredes planas para la desinfección del agua para consumo humano.	Modelo de utilidad Título 2662
23	Biorreactor como planta de tratamiento compacta de aguas residuales municipales con un soporte sintético.	Modelo de utilidad Título 2861
24	Sistema electrónico portátil para simplificar la medición del flujo de agua en canal abierto.	Modelo de utilidad Título 3065
25	Remoción de arsénico por electrocoagulación utilizando un reactor a flujo pistón y un tren complementario de tratamiento conformado por floculación mejorada, sedimentación y filtración.	Examen de fondo
26	Dispositivo aspersor modificado para riego.	Examen de fondo

<b>NÚM.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>ESTATUS</b>
27	Reactor biológico para el tratamiento de efluentes contaminados a base de vermifiltración.	Examen de fondo
28	Caudalímetro ultrasónico de nivel.	Examen de fondo
29	Prueba diagnóstica para compuestos inductores de daños biológicos causados por alteraciones en la expresión genética.	Examen de fondo
30	Mezcla cruda para la elaboración de Clinker y la subsecuente producción de cemento tipo Portland y concreto resistentes al ataque ácido químico directo.	Examen de fondo
31	Utilización de bagazo de agave y de cáscara de nuez en biofiltros utilizados para el tratamiento de líquidos residuales.	Examen de fondo
32	Sistema de calibración para sensores de humedad relativa. (SICASHUR)	Examen de fondo
33	Sistema de calibración para sensores de presión atmosférica (SICASPAT).	Examen de fondo
34	Sistema de calibración para pluviómetros digitales (SICAP).	Examen de fondo
35	Metrosonda.	Examen de fondo
36	Dispositivo magnético para el tratamiento de agua.	Examen de fondo
37	Integrador digital de datos de estaciones hidroclimatológicas convencionales.	Examen de fondo
38	Desarenador convencional para obras de generación hidroeléctrica.	Examen de forma
39	Pluviógrafo ultrasónico de auto-sifonamiento con telemetría.	Examen de forma
40	Caudalímetro ultrasónico de tres niveles con telemetría.	Examen de forma
41	Sonda electrónica con corrección por desviación de la vertical	Examen de forma
42	Sensores inteligentes de temperatura y humedad relativa para estaciones agrometeorológicas	Examen de forma
43	Banco de pruebas para la evaluación de la conformidad de medidores para agua potable fría	Examen de forma
44	Método para producir un medio filtrante orgánico activado con basidiomicetos y métodos para su uso en biofiltros para remover moléculas recalcitrantes, color y reducir toxicidad en aguas residuales. Patente divisional	Examen de forma
45	Estructura de control para drenaje agrícola.	Modelo de utilidad.
46	Biofiltro para el tratamiento de residuos líquidos agroindustriales	Examen de forma
47	Sistema y método de tratamiento de residuos líquidos y sólidos agroindustriales.	Examen de forma
48	Banco de pruebas para la evaluación de la conformidad de medidores para agua potable fría de tipo domiciliario	Examen de forma
49	Dispositivo para muestreo de agua y medición de parámetros físico químicos en manantiales subacuáticos	Examen de forma
50	Sistema y proceso de tratamiento para obtención de agua de alta calidad	Examen de forma

# PRINCIPALES RESULTADOS

## 1. INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

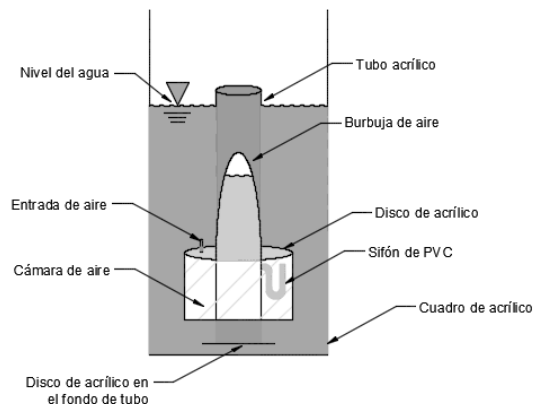
- *Dispositivo para desazolve en presas (primera etapa): modelación experimental y simulación numérica*

### HC1511.1

La vida útil de las obras hidráulicas, como el caso de las presas, se ve reducida drásticamente ante la falta de un plan de manejo de los sedimentos en la cuenca de escurrimiento. La remoción de sedimentos mediante el dragado es una técnica utilizada para recuperar la capacidad de almacenamiento. Sin embargo, dicha actividad puede verse limitada por los costos asociados. Se requiere contar con métodos alternos para el desazolve de las presas de nuestro país, y así incrementar su vida operativa y funcional.

Para combatir estos problemas en nuestro país, se optó por investigar un método o forma para el desazolve en presas y embalses, por lo cual se pensó en un dispositivo aireador, el cual se utiliza para airear el agua en zonas pantanosas o en lugares donde el fluido no circula. También, se utiliza para formar grumos o flóculos en el agua en plantas de tratamiento de aguas residuales o en plantas de agua potable. Con este tipo de instrumento, se piensa crear un dispositivo para desazolve de las presas. Se ha recopilado información asociada para desarrollar este dispositivo, y se han revisado métodos y equipos de dragado existentes para el desazolve en presas y las técnicas para su elaboración.

El dispositivo está conformado, básicamente, por los siguientes elementos: un tubo principal, disco o plato de cámara de aire, sifón y alimentación de aire comprimido. El dispositivo se encuentra sumergido dentro de un tanque de agua, dejando que el tubo descargue libremente. Se suministra aire a través de una manguera conectada a la válvula que se encuentra en la cámara de aire. El aire empieza a llenar la cámara gradualmente hasta que llega a la curva del sifón inferior y es expulsado hacia el tubo principal. Dentro de dicho tubo, la masa de aire forma una burbuja de aire del diámetro del tubo que asciende hacia la superficie que desplaza el agua contenida dentro del tubo, logrando un movimiento del agua en la parte inferior debido al nuevo llenado del tubo.



Características del dispositivo experimental

Se realizaron quince pruebas con diferentes tamaños de discos de acrílico (30, 37 y 43 cm) y sifones de una pulgada de diámetro con diferentes longitudes (11.5, 13.5, 15.0, 18.5 y 20.0 cm).

### Resultados de quince pruebas realizadas con diferentes geometrías

Núm. Prueba	L. Sifón [cm]	Tamaño disco [cm]	Velocidad (cm/s)			
			20 [lb/pul <sup>2</sup> ]	30 [lb/pul <sup>2</sup> ]	40 [lb/pul <sup>2</sup> ]	50 [lb/pul <sup>2</sup> ]
1	11.50	30	1.16583	1.19839	1.23722	1.28936
2	13.50	30	1.17343	1.19584	1.25514	1.30384
3	15.00	30	1.19315	1.22514	1.30938	1.33381
4	18.50	30	1.16694	1.18114	1.23000	1.25000
5	20.00	30	1.22570	1.23469	1.24676	1.26294
6	11.50	37	1.12741	1.18061	1.22132	1.26148
7	13.50	37	1.04344	105.909	1.20782	1.20.826
8	15.00	37	1.20935	120.929	1.38154	1.36368
9	18.50	37	1.18536	123.174	1.31936	1.33359
10	20.00	37	1.31749	132.601	1.33036	1.36882
11	11.50	43	1.12336	1.19824	1.22650	1.28103
12	13.50	43	1.05123	1.16020	1.16336	1.16580
13	15.00	43	1.16278	1.20632	1.21203	1.23458
14	18.50	43	1.21272	1.23197	1.25227	1.27184
15	20.00	43	1.19026	1.21130	1.22148	1.22212

Con el objeto de determinar qué variables influyen más en lograr una mayor velocidad del agua expulsada por el tubo principal, se analizaron los datos con el programa *STATGRAPHCS Centurion v.15 1.0.2*. De las 15 pruebas realizadas, se seleccionaron tres para evaluar el volumen de sedimento removido: 1) sifón 13.5 cm y disco 30 cm; 2) sifón 15.0 cm y disco 37 cm, y 3) sifón 11.5 cm y disco 43 centímetros.

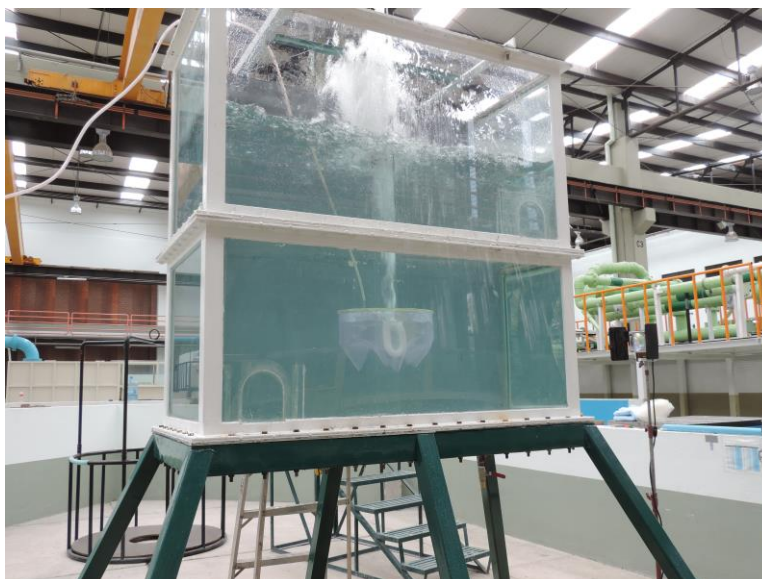
De acuerdo con la geometría evaluada del dispositivo experimental, la combinación disco-presión tiene mayores efectos en la velocidad de ascenso de la burbuja de aire a través del tubo principal. Esos efectos se traducen en una mayor remoción de sedimentos, de acuerdo a los ensayos realizados, el volumen de sedimento se incrementa conforme el diámetro del disco aumenta, pero no sucede lo mismo con el sifón, esto es por la correlación que existe entre la geometría del disco-sifón.

### Volumen de sedimento desalojado en cinco minutos

Núm. de prueba	Tamaño del disco (cm)	Tamaño del sifón (cm)	Volumen de sedimento desalojado (m <sup>3</sup> )
1	30	13.5	0.00058839
2	37	15.0	0.00141214
3	43	11.5	0.00181060

### Resultados principales:

Se recomienda seguir explorando y ensayando este tipo de dispositivo alternativo, tanto en laboratorio como en una presa pequeña con fuertes problemas de sedimentación.



Dispositivo en funcionamiento

- *Desarrollo de instrumentación y procedimientos de medición aplicados a la observación en campo, que ayuden a controlar o supervisar la situación de seguridad estructural de obras hidráulicas*

#### **HC1514.1**

En México, en la mayoría de los casos, la instrumentación se lleva a cabo a partir de equipos especializados existentes en el mercado. A estos equipos, normalmente importados a altos costos, se les suman las desventajas que implica la importación de tecnología como son la dependencia tecnológica y las variaciones en el tipo de cambio y el soporte técnico accesible.

Por encargo de la CONAGUA, el IMTA ha trabajado en proyectos relativos a la seguridad de presas. La experiencia lograda permite considerar valioso el desarrollo de equipos de medición con tecnología propia.

Por otro lado, es bien sabido que los estudios y datos de campo son básicos para la construcción de una estructura hidráulica como las de tierra y enrocamiento, y que los procedimientos constructivos tienen mucho que ver con el comportamiento seguro de toda obra hidráulica, ya sea una presa o un bordo, y que no es menos importante el mantenimiento de las obras durante su vida útil, por lo que una inspección metódica se hace más que necesaria. Así, contar con instrumentos de fácil operación y que cuenten con soporte técnico disponible, posibilitará obtener la información requerida para tomar decisiones oportunas que eviten riesgos innecesarios en las obras hidráulicas.

Se han obtenido resultados como la mejora funcional del dispositivo para medición de longitudes de cable de suspensión; el desarrollo en prototipo de un nivel electrónico para el conjunto prisma-baliza; el sistema o

metodología de calibración de la verticalidad de prismas topográficos que, junto con el nivel electrónico, mejora la precisión de las lecturas topográficas cuando así se requiere, y el prototipo de prueba de un Inclinómetro Triaxial sin guías, para obtener la deformación vertical de un cuerpo de tierra y enrocamiento de forma rápida y sin riesgo de pérdida de la misma sonda de prueba, por un posible atascamiento de la misma.

### Resultados principales:

El monitoreo de la operación de cuerpos de agua requieren de información climatológica oportuna, por lo que se continúa con el seguimiento y validación del dispositivo Integrador Digital de Datos Climatológicos (IDDC) incorporando ahora una estación meteorológica para el monitoreo continuo de eventos de lluvia, como una mejora del sistema propuesto para la Cuenca del Balsas. Este sistema para captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales empleando dispositivos autónomos o IDDC, ha facilitado la captura y envío diario de datos al personal técnico de campo, permitiendo observar los datos en la página web:

<http://instrutronica.com/octavio/proyectoSisHidro/>



**Integrador Digital de Datos Climatológicos, acoplado a una estación meteorológica convencional**

- *Recuperación de fósforo mediante remoción con adsorbente, y recuperación de fósforo inorgánico*

### **TH1505.1**

La seguridad hídrica y alimentaria depende del manejo sostenible de nutrientes como nitrógeno y fósforo (P), y la cuenca hidrológica representa una escala ideal para proponer soluciones para el manejo y control de estos nutrientes. Este proyecto se propuso como consecuencia de los trabajos desarrollados para la Comisión Estatal del Agua (CEA) Jalisco, donde se encontró que 95% de las emisiones de P provienen de actividades pecuarias en la cuenca hidrológica del río Verde. Aunado a otras acciones, para proteger a los cuerpos de agua, se

propone tomar la medida de recuperar al menos 24% de estas emisiones tan solo en la parte de cuenca que corresponde a Jalisco. Así, es, es necesario reciclar el P que actualmente se descarga a la red del río.

Por otro lado, las reservas de P se están agotando y tendrán que ser reemplazados mediante su recuperación. Actualmente, el P se descarga en cuerpos de agua, causando problemas de eutroficación, crecimiento excesivo de plantas acuáticas, aspectos estéticos negativos, anoxia y problemas relacionados con la potabilización del agua. Es recomendable recuperar el P antes de que se descargue, reutilizándolo como fertilizante ya sea directamente o después de procesos intermedios, que reducen su volumen y costos de transporte. Para ello, se recomendó el proceso de intercambio iónico seguido por la recuperación de P mediante elución. Entre los intercambiadores iónicos se encuentran los hidróxidos de doble capa (HDC), que se sintetizan a partir de cationes bivalentes y trivalentes.

Con base en información sobre electronegatividad y constantes termodinámicas, se seleccionaron tres diferentes iones bivalentes (calcio, magnesio y bario), y se sintetizaron los respectivos HDC con aluminio como ion trivalente. Se determinaron las velocidades y capacidades de intercambio iónico de P, encontrándose que el proceso dura de 20 a 60 min, dependiendo de la difusión en poros de los HDC, y que las capacidades de intercambio iónico varían entre 11 y 13 mgP/gHDC. Las isotermas indican que la HDC de bario tiene menor afinidad por P, lo que sugiere que este HDC podría presentar menor resistencia a liberar el P intercambiado, favoreciendo así la posterior recuperación. Los resultados de recuperación de P comprueban esta hipótesis.

Asimismo, se determinaron las constantes de acidez de cada HDC, que determinan los intervalos de pH donde los HDC tienen cargas positivas o neutras y pueden intercambiar iónicamente con P disuelto que tiene carga negativa. La revisión de patentes sobre el tema indica que no ha sido registrado un proceso con las características aquí propuestas.



**Crecimiento excesivo de plantas acuáticas en un cuerpo de agua eutroficado**

### **Resultados principales:**

**Este proyecto es la primera de tres etapas. En la segunda, se evaluarán las influencias de otros componentes presentes en descargas de agua sobre el proceso. También, se elaborará una solicitud de patente.**

- *Estimación de la humedad del suelo con base en imágenes de satélite*

### **TH1508.1**

Para temas relacionados con las sequías se requiere elaborar mapas con el contenido de humedad en el suelo. La banda espectral adecuada para ello es la visible, el infrarrojo cercano y las microondas. Es la apropiada por su observación sinóptica, que es la escala espacial que se persigue, y cuenta con una capacidad de observación hasta semanal que es lo que se busca.

Las imágenes de radar, que tienen una resolución comparable a las del *Landsat TM* y *SPOT*, pueden penetrar satisfactoriamente las nubes e identificar muchos rasgos de llanuras inundables, tanto desde el espacio como desde altitudes suborbitales.

El proyecto busca revisar el estado de la ciencia en materia de estimación de humedad de suelo por satélite y determinar la factibilidad de la implementación de una metodología para su aplicación en el país, para así brindar soporte metodológico en la elaboración del Monitor de Sequías en México.

Dentro de la planeación hídrica, es necesario contar con información confiable y oportuna sobre la variabilidad natural del medio ambiente. Entre ellos, el clima siempre manifiesta un comportamiento no uniforme y, en algunas ocasiones, llega a un comportamiento extremo.

Como resultados, se tiene: 1) una metodología que permita, en una segunda etapa, estimar la humedad de suelo mediante técnicas de percepción remota satelital, y 2) elaborar una de metodología de la “perspectiva de sequía”.

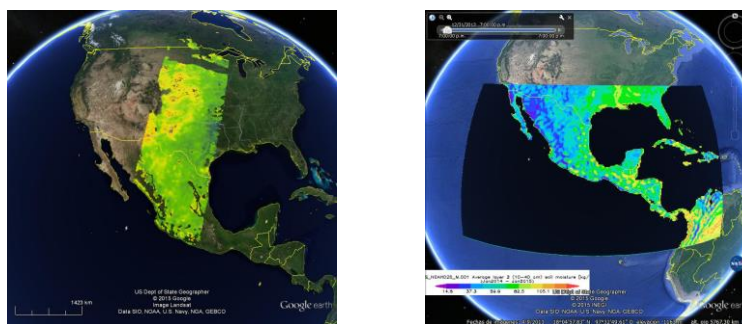
#### **Resultados principales:**

**Se ha mostrado la factibilidad de contar con información de humedad del suelo obtenida mediante sensores remotos satelitales de manera sistemática y, por ende, la posibilidad de elaborar mapas de humedad de suelo con periodicidad semanal y mensual.**

Las imágenes del satélite *SMOS* (Sal Moisture and Ocean Salinity Satellite) están calibradas, pero se requiere de un posterior procesamiento para México, debido a que los puntos de calibración son tan lejanos y su distribución tan dispersa que resulta necesario “recalibrar” con puntos o sitios de muestreo dentro de la región de interés. Es posible realizar esta actividad utilizando la misma metodología empleada para ajustar los valores de humedad y temperatura del suelo de los modelos *NOAH* y *VIC* (Variable Infiltration Capacity).

Se recomienda a la *CONAGUA* mejorar las redes de observación, así como brindar mantenimiento y calibración de los sensores, lo que es fundamental para ofrecer datos de calidad para diversos fines.

Con respecto a la humedad del suelo, resulta ser un predictor con mayor confianza debido a la “larga memoria” que tiene, comparado con la precipitación. Por esta razón, es necesario incorporar más sensores a las redes de estaciones meteorológicas automáticas y de estaciones sinóptica meteorológicas, ya que las ahora disponibles no permiten hacer ajustes o mapeos confiables sobre esta variable en el ámbito nacional.



**Estimación de humedad de suelo mediante imágenes de satélite**

- *Geoportal para consulta del acervo institucional de información geográfica*  
**TH1510.1**

El Instituto cuenta con un acervo digital de información satelital y cartográfica de cobertura nacional en diversas escalas que ocupa un volumen aproximado de 15 Terabytes, el cual se incrementa constantemente. Esta información constituye un insumo básico en muchos de los proyectos desarrollados en las áreas técnicas del IMTA, por lo que se ha manifestado la necesidad de contar con la infraestructura especializada que permita el almacenamiento, organización, consulta y recuperación de dicha información en forma sistemática y en línea, por parte de la comunidad usuaria del Instituto.

Para atender esta necesidad se adquirió equipo de cómputo para el almacenamiento de la información, se desarrolló una primera versión de un sistema de consulta y transferencia de información, así como su implantación en la red interna del instituto (IMTAnet).

Se adquirió el equipo de cómputo con la configuración apropiada para el almacenamiento (40 Terabytes y transferencia de los datos ráster contenidos en el acervo institucional.

Se tiene un banco de datos con una estructura para el almacenamiento de la información satelital disponible en el acervo. Hasta la fecha, se han transferido cerca de 22 300 escenas del territorio nacional generadas por los satélites *Landsat*, *SPOT*, *Rapideye* y *Geoeye*, tomadas entre 1973 y 2015, además de una cobertura parcial de ortofotos digitales referidas al año 2000 y la cobertura de modelos del relieve LIDAR, disponibles en el Instituto.

Existe una aplicación, funcionando en la Intranet del IMTA, para la consulta y descarga de la información ráster disponible en el banco de datos. Se cuenta también con un manual de usuario disponible dentro de la aplicación para su consulta.

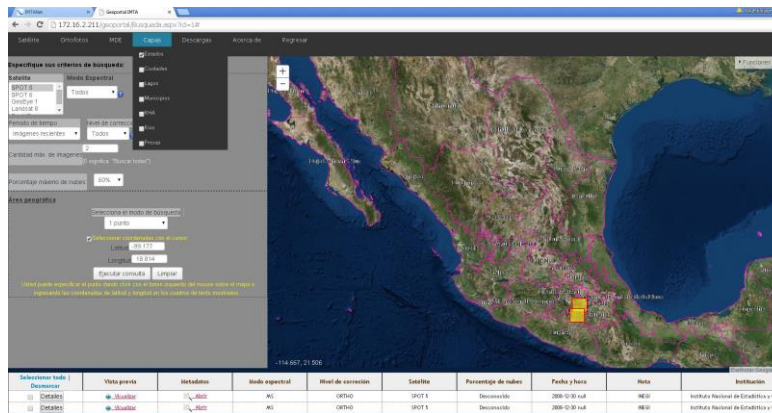
### **Resultados principales:**

**Con el geoportal se favorece la correcta toma de decisiones al proporcionar información objetiva, verificable y oportuna para el análisis de la problemática socioeconómica relacionada con el agua en las cuencas hidrográficas del país.**

**También, favorece el aprovechamiento de los recursos financieros asignados a cada proyecto para el planteamiento de soluciones a la problemática a resolver, evitando la compra de información espacial que, por su origen, tiene un precio elevado. De igual forma, se favorece la calidad de las investigaciones y de los**

servicios tecnológicos que presta el IMTA, al reducir tiempos de respuesta en el planteamiento de soluciones y generación de productos.

Finalmente, se crea un resguardo del acervo y memoria institucional, al permitir el almacenamiento de información satelital recopilada durante más de treinta años.



#### Interfaz de consulta de la cobertura de información satelital disponible en el geoportal

- *Operación y actualización del sistema de verificación de pronósticos de lluvia máxima*

#### **TH1512.1**

Un pronóstico meteorológico es el resumen del análisis hecho por un meteorólogo previsor, basándose en las condiciones atmosféricas del momento para prever las condiciones que se presentarán en un tiempo futuro.

Es importante conocer el comportamiento de las variables meteorológicas debido a que cualquier cambio en ellas puede afectar distintas actividades humanas. Dependiendo de la variable, momento, lugar o situación, las consecuencias que se generan pueden ser desde insignificantes hasta cuantiosas. Debido a estas distintas consecuencias, es necesario mantener informada a la población sobre las variaciones meteorológicas.

La forma más práctica de informar sobre el comportamiento del tiempo es mediante los pronósticos meteorológicos transmitidos por diferentes medios. El conocimiento de dichos pronósticos ayuda en la toma de decisiones ante las posibles situaciones que se generan con las variaciones en el comportamiento de la atmósfera. Dada la importancia que tienen estos pronósticos, deben mantenerse bajo una supervisión estricta para evaluar su calidad. Existen distintos métodos de evaluación y dependen del tipo de pronóstico que se realice y las variables que utilice, entre otros factores. Por lo tanto es necesario determinar, adaptar y actualizar los mejores métodos para calificar los pronósticos.

Hasta ahora, dentro de los principales avances, se encuentra la automatización de los procesos que involucra el sistema de verificación de pronósticos de lluvia máxima, con la idea de llegar a ser un sistema totalmente automatizado.

Diariamente, se bajan, de manera automática: del sitio web del Servicio Meteorológico Nacional los boletines de las 6:00 horas, y del sitio ftp los datos observados de lluvia que se almacenan en una base de datos. Igualmente, se tiene el prototipo de la página web de visualización del sistema.

#### **Resultados principales:**

**La información obtenida del sistema de evaluación permitirá tomar y emitir recomendaciones de mejora a las instancias que comunican el pronóstico de esta**

variable. Debido a que los fenómenos meteorológicos tienen un impacto en todos los sectores de la población, el contar con información validada previamente podrá reducir la pérdida de vidas humanas y afectaciones materiales por causa de estos fenómenos.



The image shows a web interface for "Verificación de pronóstico de lluvia máxima". At the top, there are logos for SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua), and Galileo.imta.mx. The main content area features a map of Mexico with state boundaries. To the right of the map is a form with the following elements: a dropdown menu labeled "Sin selección" with the text "Estado seleccionado:" below it, currently showing "Guerrero"; a "Rango de verificación" section with two date input fields, the first containing "2014/03/19" and the second containing "2014/04/30"; and a red button labeled "Iniciar Verificación". The SEMARNAT logo is also visible at the bottom center of the page.

**Visualización previa de la página web del sistema de verificación de lluvia máxima.**

- *Aplicaciones agrícolas y meteorológicas, con datos de la red de estaciones agroclimatológicas de la Red Morelos*  
**TH1511.1**

Con la información de mediciones obtenidas por la red de estaciones instalada en Morelos, se genera una base de datos climatológicos confiable y se elabora un boletín agrometeorológico basado en el pronóstico numérico del modelo WRF (modelo meteorológico de investigación y pronóstico del tiempo).

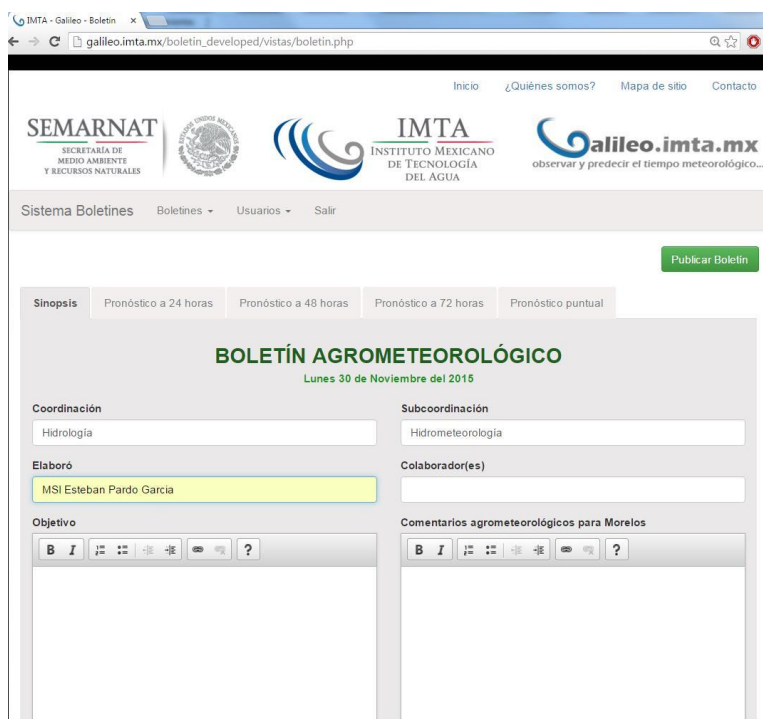
Para ello, se requirió diseñar, elaborar y adaptar herramientas informáticas que permiten consultar con eficiencia y rapidez el comportamiento futuro del estado del tiempo en Morelos, información que se genera con el modelo de pronóstico numérico (WRF) y el módulo de asimilación de los datos (COM-GSI), con la integración en tiempo real de las observaciones de la red de las estaciones agrometeorológicas.

A fin de lograr la operación eficiente de las estaciones de la red Morelos y la recepción de datos con calidad, fue necesario realizar el monitoreo y supervisión diaria de los sensores y equipos de transmisión y recepción para detectar y corregir fallas en forma inmediata, así como llevar a cabo dos jornadas de mantenimiento preventivo a las 25 estaciones.

Como resultados, se obtuvieron: el pronóstico numérico diario con el modelo WRF, con la integración del módulo de asimilación de datos GSI y los datos de las 25 estaciones de la red; el sistema de boletín agrometeorológico con formato de captura para generar éste a partir de la imagen de satélite y los mapas del pronóstico numérico, disponible e implementado en el servidor web llamado Galileo ([http://galileo.imta.mx/boletin\\_developed/vistas/boletin.php](http://galileo.imta.mx/boletin_developed/vistas/boletin.php)); la creación de una base de datos con la información de las 25 estaciones, disponible tanto en Galileo como en disco compacto, y la operación ininterrumpida de la red de estaciones de Morelos y el portal electrónico disponible en el servidor Galileo (<http://galileo.imta.mx/FUPROMOR>), accesible desde cualquier navegador.

## Resultados principales:

Con la creación de una base de datos climatológicos confiable, se atienden las necesidades de agricultores y la población, en general, de Morelos.



The screenshot shows a web browser window displaying the 'Sistema Boletines' interface. At the top, there are logos for SEMARNAT, IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua), and Galileo.imta.mx. The main content area is titled 'BOLETÍN AGROMETEOROLÓGICO' for 'Lunes 30 de Noviembre del 2015'. It features several input fields: 'Coordinación' (Hidrología), 'Subcoordinación' (Hidrometeorología), 'Elaboró' (MSI Esteban Pardo Garcia), and 'Colaborador(es)'. There are also two text areas for 'Objetivo' and 'Comentarios agrometeorológicos para Morelos', each with a rich text editor toolbar. A 'Publicar Boletín' button is visible in the top right corner.

Visualización de la página web del sistema de captura del boletín agrometeorológico para Morelos

- *Dinámica de benzo(a)pireno en medios porosos y su repercusión en la contaminación del agua*

### TH1519.6

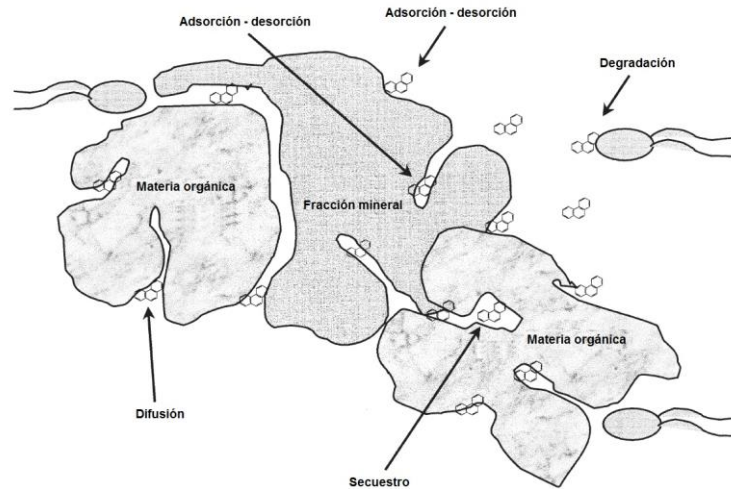
La presencia de contaminantes orgánicos hidrofóbicos (COH) representa un riesgo para la salud humana y de los ecosistemas. Debido a su naturaleza, los COH se acumulan en sedimentos y suelos (SS), por lo que estos pueden representar una fuente latente de contaminación, dificultando las acciones de recuperación de espacios contaminados.

Se ha demostrado que la biodegradación de COH en SS es la vía más importante de su atenuación; no obstante, esto requiere que los COH se encuentren biodisponibles. La adsorción, desorción, difusión, el envejecimiento y la biodegradación son los principales procesos que controlan la biodisponibilidad de COH y ésta, a su vez, se relaciona con las propiedades del medio poroso como la mineralogía, el contenido de materia orgánica, el área de superficie y la distribución de tamaños de poro. Sin embargo, no existe un modelo conceptual que relacione estos procesos y que explique la dinámica de transporte y atenuación de COH en medios porosos.

## Resultados principales:

El proyecto, con duración de tres años, inició en agosto de 2015. Se realizaron muestreos de SS en dos espacios con historial de contaminación petrolera y actividades de recuperación (Parque Bicentenario, México, DF, y la laguna El Yucateco, Tabasco). Las muestras fueron caracterizadas químicamente, encontrándose hasta 5% de materia orgánica y presencia de 15 hidrocarburos

poliaromáticos en los suelos del parque, mientras que en los sedimentos de la laguna se encontró hasta 25% de materia orgánica y presencia de ocho hidrocarburos poliaromáticos y otros tres COH (fenol y dos ftalatos). Se efectuó el diseño de los experimentos con trazador radiactivo de un COH (benzo(a)pireno), para evaluar y desarrollar conceptualmente un modelo que describa su dinámica de transporte y atenuación en medios porosos.



Fracciones de sedimentos y suelos y procesos que intervienen en el transporte y la atenuación de contaminantes orgánicos hidrofóbicos



Vestigio de actividad petrolera en la laguna El Yucateco



**Puntos de muestreo de suelo en el Parque Bicentenario**

- *Modelación de pozos radiales*  
**TH1502.1**

En 2014 iniciaron los trabajos de prospección y caracterización para localizar posibles sitios, en la zona ribereña del cauce del río Carrizal, Tabasco, que permitieran el establecimiento de obras subterráneas para aprovechar el agua superficial, induciéndola al subvólveo. Los resultados del estudio indican que los sitios conocidos como Isla 1 y 2 son factibles para establecer este tipo de obras. En 2015 comenzaron los trabajos de detalle y proyectos ejecutivos de los pozos radiales.

Los pozos radiales se utilizan como fuentes de abastecimiento a poblaciones ubicadas en las cercanías de cuerpos de agua superficiales contaminadas o con grandes cargas de sedimentos. Los pozos extraen agua del acuífero y luego inducen que el agua superficial se infiltre al subsuelo y se extraiga posteriormente mediante los pozos. Los contaminantes y sedimentos presentes en el agua superficial son retenidos en los sedimentos del subsuelo, por lo que el agua que se extrae es de mucha mejor calidad.

Lo anterior depende de la granulometría del subsuelo, calidad del agua superficial y subterránea, espesor de los estratos geológicos, profundidad nivel freático, tirante de agua en el cuerpo de agua superficial, entre otras variables. El proyecto tiene la finalidad de investigar la interacción entre los pozos radiales y un sistema acuífero-río, utilizando modelos analíticos y numéricos del flujo del agua subterránea.

Con objeto de estudiar la interacción entre un ambiente de río y el subvólveo se implementó la ecuación analítica para pozos radiales bajo la influencia de una corriente de agua, y de manera numérica se desarrolló un modelo de flujo subterráneo. En ambos casos, se estima la distribución de la carga hidráulica en el entorno del pozo radial y la influencia de los distintos arreglos de los pozos laterales.

Los resultados del proceso analógico muestran la carga hidráulica próxima al pozo radial donde se presenta un flujo radial en la proximidad de los pozos laterales y un flujo bidimensional en la zona lejana.

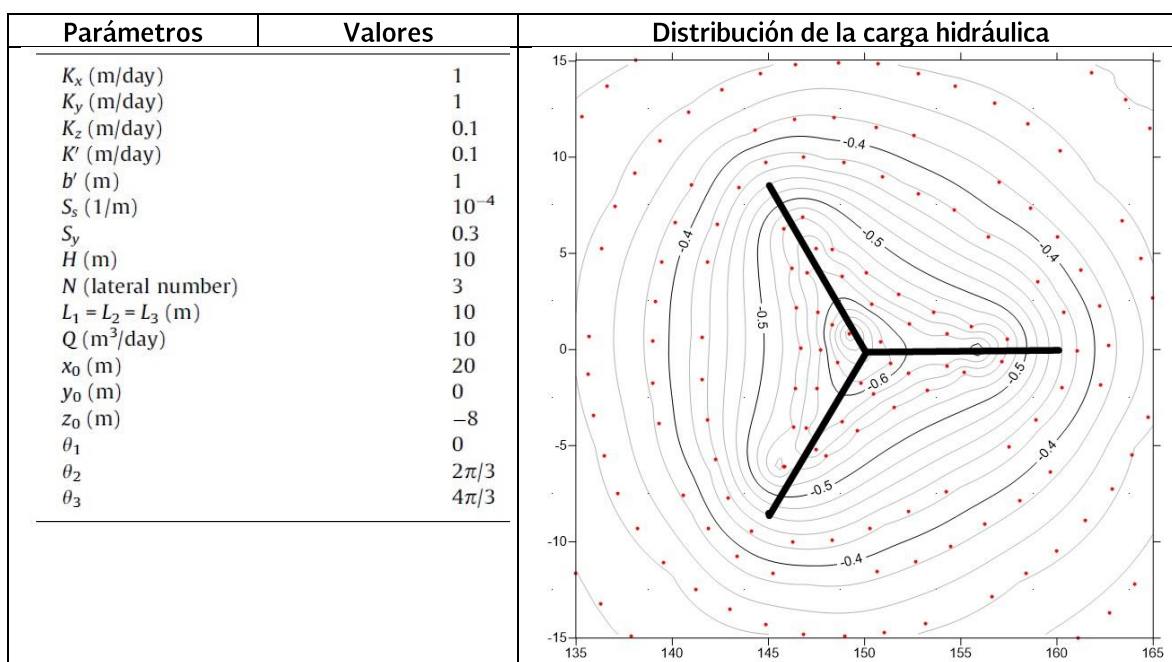
Los resultados del modelo numérico para los casos del arreglo entre los laterales (2, 3, 4, 5, 6 y 7) muestran que menor número de pozos laterales ocasiona un mayor abatimiento en el entorno del pozo radial. En contra parte, un mayor número de pozos laterales distribuye la carga, propiciando un levantamiento del nivel estático. En cuanto a la distribución, se observa que el ángulo entre los pozos laterales con dirección a la zona de influencia del cauce del río, deben guardar un ángulo entre 30 y 35 grados.

La longitud de los pozos radiales tiene una influencia directa entre la longitud y el gasto de extracción (mayor longitud mayor gasto); sin embargo, no es factible extender los pozos laterales indefinidamente. La relación entre gasto y diámetro de ademe es lineal, por lo que entre mayor diámetro mayor gasto; no obstante, operativamente no es posible trabajar con diámetros mayores de 12 pulgadas.

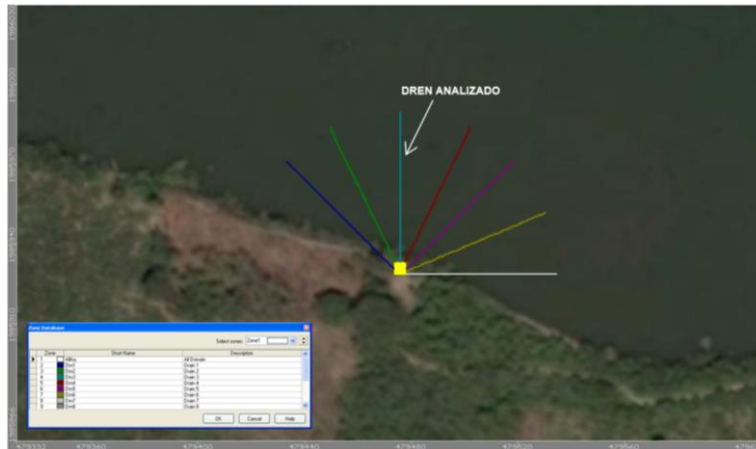
**Resultados principales:**

La implementación de los pozos radiales permite un mejor aprovechamiento de las aguas superficiales, ya que el agua extraída por estas obras subterráneas presenta menor cantidad de sólidos suspendidos, reducción y eliminación de organismos patógenos, estabilidad en los parámetros físicos y químicos que reducen el costo en el tratamiento al momento de su potabilización, así como una garantía en el volumen de extracción sin importar los tirantes de agua que mantiene el río, laguna, lago o cuerpo de agua por el que se abastece el pozo radial.

Los pozos radiales se componen de una estructura central y pozos laterales. Su diseño es tema de investigación, por lo cual el IMTA realiza el proyecto con el objetivo de calcular los abatimientos del nivel freático bajo la influencia de un pozo radial.



Distribución espacial de la carga hidráulica próxima al pozo radial.



**Distribución de drenes laterales**

- *Escalamiento de lecturas de gravedad de GRACE y su aplicación en el cálculo de variables geohidrológicas*

**TH1503.1**

En 2013 se implementó la técnica que determina la variación del volumen de agua del subsuelo, utilizando la información del experimento de clima y recuperación de gravedad (*Gravity Recovery and Climate Experiment, GRACE*) y datos de superficie de la Tierra conocidos como *North Land Data Assimilation Systems (NLDAS)*. El desarrollo contempló el diseño de un visor que facilitó la selección de los datos de GRACE y NLDAS de forma interactiva en la zona norte de América. Los resultados se aplicaron en Baja California (acuífero Mexicali, BC, y Vizcaíno, BCS), determinando series de tiempo que muestran un descenso en el nivel piezométrico del acuífero (Mexicali) y una estabilización del nivel estático (acuífero Vizcaíno). Las recomendaciones resaltan que la técnica es aplicable para cuencas mayores de 250 000 km<sup>2</sup>, lo que limita su utilización.

Tomando como base esta experiencia, se continuó desarrollando el visor de datos agregando la base *Global Land Data Assimilation Systems (GLDAS)*, permitiendo un acceso a datos alrededor del mundo; asimismo, se integró una subrutina (al visor) para calcular estadísticos (media, moda, mediana, desviación estándar, mínimo, máximo, curtosis) a las bases de GRACE, NLDAS y GLDAS. La resolución de los datos de GRACE continúa siendo la limitante de la técnica, por lo que se determinó trazar una ruta de desarrollo para reducir la escala espacial.

En 2015 se planteó desarrollar un filtrado que permita reducir la escala espacial a 300 km, utilizando una técnica consistente en separar la componente sesgada y de filtración, de los datos nivel 2 de GRACE, utilizando los esféricos armónicos de 60 grados, y órdenes para reducir el ruido e incrementar la resolución en el escalamiento.

Los primeros meses los trabajos se centraron en dos actividades: 1) recopilación y análisis de información, y 2) homogenización de los archivos serie 2 de GRACE. Se seleccionaron 25 artículos científicos para estructurar el estado del arte, específicamente en el tema de las bases de datos serie 2 de GRACE, que comprende posprocesamiento de datos, especificaciones de los archivos serie 2, correcciones de los datos, armónicos esféricos, aplicación de la tecnología en proyectos de geohidrología y técnicas de filtrado para reducir la escala de estimación.

El estado del arte permitió elegir la técnica que consiste en seleccionar la función de cuenca. Durante el desarrollo del proyecto, se experimentó para realizar adecuaciones e implementaciones requeridas en el filtrado.

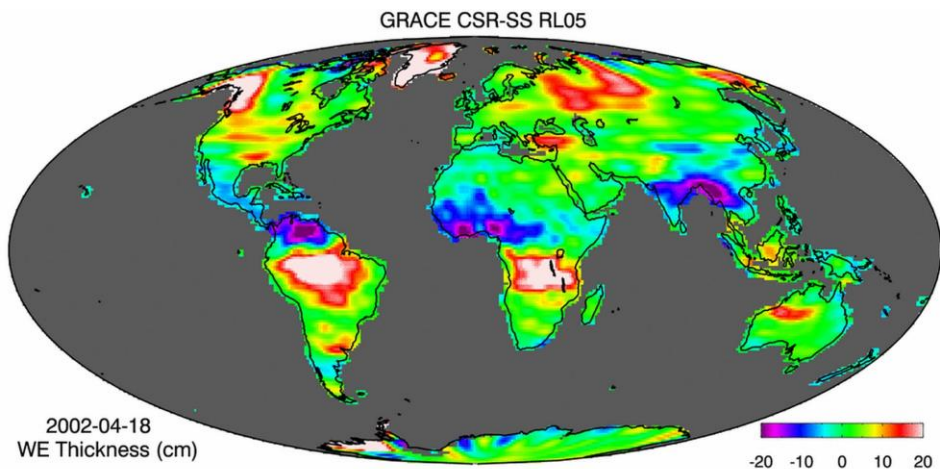
En cuanto a la homogenización de los archivos serie 2 de los armónicos esféricos, se conformó la base que comprende del año 2002 al 2015 de tres laboratorios.

La técnica escalamiento-cuenca cuando se utiliza con armónicos esféricos de 60 grados y orden permite un escalamiento de 300 km, ésta misma puede ser aplicada en esféricos armónicos de 90 y 180 grados.

Otras aplicaciones en el campo de la hidrología subterránea son: estimación de variables hidrológicas (precipitación, humedad del suelo, variación de agua superficial y evapotranspiración) o sequías.

### Resultados principales:

La técnica GRACE se utiliza para estimar la variación del volumen de agua en los acuíferos del mundo. En 2015 se desarrolló la técnica de filtrado con la que es posible reducir la escala espacial a 300 km. Esta resolución abre la posibilidad para ser aplicada en acuíferos con tamaño de región hidrológica o cuenca hidrológica (ambos en la mesoescala) de México. La técnica es una alternativa para la estimación del almacenamiento subterráneo en acuíferos donde no existe información o, bien, es escasa.



Datos de gravedad editados por el Center for Space Research at University of Texas, Austin (CSR), para abril de 2002.

- *Uso de isótopos ambientales y herramientas hidrogeoquímicas para evaluar la contaminación por fuentes naturales, agrícolas y domésticas en el acuífero Cuernavaca*

### TH1504.1

Una gran cantidad de acuíferos del país son fuentes únicas de abastecimiento para todo uso, razón por la cual están sometidos a regímenes de explotación intensiva y, paradójicamente, experimentan la degradación de su calidad, causada por fuentes de contaminación antrópicas y naturales. Tal es el caso de acuíferos localizados en zonas densamente pobladas como la Comarca Lagunera, la Riviera Maya, la cuenca del valle de México y la Zona Metropolitana de Cuernavaca, Morelos.

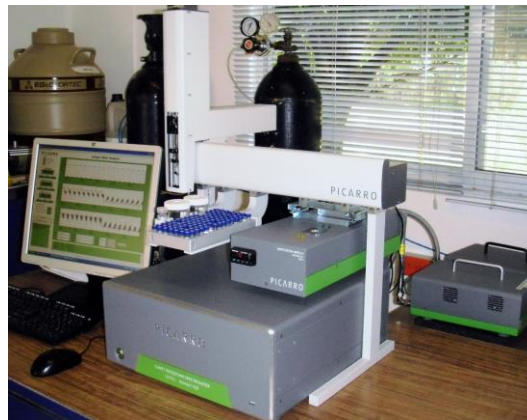
La evaluación de los procesos hidrogeológicos y geoquímicos que causan la degradación de la calidad del agua subterránea, mediante la aplicación de herramientas geoquímicas e isotópicas, ha demostrado su efectividad para precisar tanto el origen de la contaminación, como de los procesos de interacción agua roca y de mezclado con efluentes contaminantes provenientes de fuentes puntuales o difusas que degradan la calidad

del agua subterránea. La medición de la composición de los isótopos estables de hidrógeno y oxígeno, constitutivos de la molécula de agua, mediante espectroscopia láser, junto con la determinación de las especies químicas disueltas en el agua y la medición de parámetros de campo, son una metodología que permite establecer los mecanismos fisicoquímicos e hidrogeológicos que causan la degradación del agua subterránea.

En este proyecto se aplicó la metodología mencionada al acuífero Cuernavaca, prototipo de la problemática que enfrentan varios acuíferos del país sometidos a explotación intensiva y a contaminación de origen natural y antrópico. La ciudad de Cuernavaca concentra una población del orden de un millón de habitantes, en una de las zonas más densamente pobladas de la región centro del país, situación que ha generado una competencia por los recursos de agua y suelo en el valle. En los últimos treinta años se ha reducido el área cultivable e incrementado la mancha urbana, generando modificaciones en la calidad del acuífero, fuente principal de abastecimiento de este centro poblacional. La explotación intensiva a que está sometido el acuífero ha modificado el patrón de flujo subterráneo, y el incremento de aguas residuales que se infiltran al subsuelo ha afectado significativamente los cuerpos receptores, dando como resultado la degradación de la calidad de los recursos de agua subterránea, principalmente en contenido de nitratos, arsénico y manganeso.

### **Resultados principales:**

**El proyecto permite sistematizar y validar la metodología de análisis por espectroscopia láser del IMTA, para medición de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno en muestras de agua natural, así como su aplicación en la caracterización de la degradación del agua subterránea por efecto de fuentes naturales y antrópicas en un acuífero prototipo. Ello dará como resultado el contar con una herramienta instrumental metodológica de aplicación expedita que permita caracterizar el origen de la contaminación del acuífero Cuernavaca y por ende podrá ser extendido a otros acuíferos del país.**



**Espectrómetro láser en operación**

- *Investigar y modelar la cantidad y calidad del agua en la región fronteriza México-Estados Unidos de América, para controlar las descargas de aguas residuales*

### **TC1414.5**

Uno de los elementos más importantes de la contaminación de los cuerpos de agua nacionales se asocia con las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, vertidas de manera directa o indirecta a través de sus afluentes. El río Bravo/río Grande es el más grande de América del Norte y uno de los principales tanto de México como de Estados Unidos. Por ser un cuerpo de agua transfronterizo, ha tenido particular importancia debido a la creciente preocupación por el desarrollo económico de la zona fronteriza y por los problemas de contaminación que desde 1992 fueron identificados a consecuencia de la falta de saneamiento en varias poblaciones de ambos países, así como por el aporte de plaguicidas de las zonas agrícolas y de sustancias tóxicas aportadas por las industrias.

El proyecto tiene una duración de dos años y su objetivo es investigar y generar el diagnóstico de la cantidad y calidad del agua, en el tramo comprendido entre la presa Falcón y la desembocadura en el Golfo de México.

Se seleccionaron un total de 23 sitios de monitoreo: 15 en el cauce principal del río Bravo (RB) y ocho en afluentes o drenes que confluyen al río (AF); cinco descargas de aguas residuales (D), seis plantas de tratamiento (influyente y efluente) (PT), un canal (C) y una obra de toma (OT).

En cada uno de los sitios se realizó la calibración y toma de muestras de agua para el análisis de parámetros fisicoquímicos, metales y plaguicidas. Los resultados indican que el afluente (AF7) Dren Morillo, descarga agua al río Bravo con alta conductividad ( $6\ 466\ \mu\text{Scm}^{-1}$ ), mientras que en el cauce principal el intervalo fue de 911 hasta  $4\ 247\ \mu\text{Scm}^{-1}$ , obteniéndose el valor mínimo aguas abajo de la presa Falcón y el máximo en el sitio cercano a la desembocadura, por lo que existe influencia del mar en este sitio.

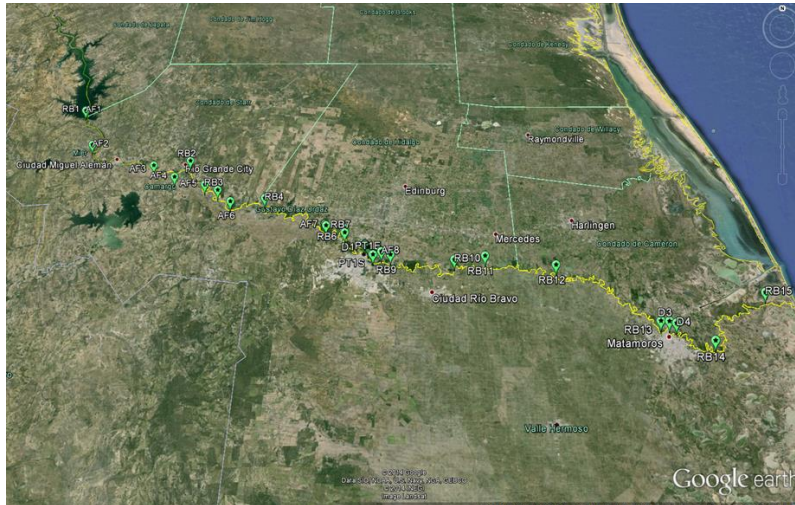
En cuanto al oxígeno disuelto, las descargas y plantas de tratamiento presentaron condiciones anóxicas. No se detectaron plaguicidas en los drenes y en el cauce principal del río. La descarga D5, ubicada en Matamoros, es la que aporta más nitrógeno total al río con una concentración de 34 mg/L; mientras que la D3, ubicada en Reynosa, aporta 2.05 mg/L de fósforo total, así como 56 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). En cuanto a *Escherichia coli*, las descargas D2, D3, D4 y D5 presentaron concentraciones de >24 000 NMP/100 mL.

#### **Resultados principales:**

**El impacto social del proyecto, una vez que concluya la publicación de la Declaratoria del tramo en estudio y la Autoridad del Agua, se verá reflejado en el establecimiento de condiciones particulares de descarga para proteger y controlar los aportes de aguas residuales que afecten la calidad del agua del río Bravo.**

**En lo económico, una vez finalizadas y establecidas las condiciones particulares de descarga, es probable que se incrementen los servicios turísticos en la zona.**

**En cuanto a aspectos científicos y tecnológicos, a cada una de las plantas de tratamiento y descargas se les harán recomendaciones de sistemas de tratamiento para remover los contaminantes identificados.**



**Sitios de muestreo en el tramo de estudio (aguas abajo de la presa Internacional Falcón hasta la desembocadura al Golfo de México)**

- *Impacto de las actividades humanas en la calidad del agua del río Hondo, Quintana Roo*

**TC1420.6**

Con base en un diagnóstico integral realizado por la CONAGUA, se concluye que uno de los principales problemas en la cuenca del río Hondo es el desconocimiento de las aportaciones de sus subcuencas, en calidad y cantidad, así como la falta de información sobre las actividades productivas que pudieran estar provocando efectos negativos en el agua y otros recursos naturales. Al respecto y con base en trabajos de campo, se lleva a cabo la caracterización de la calidad del agua, su diagnóstico y modelación para entender el comportamiento de los contaminantes en el cuerpo de agua.

En 2015 se efectuaron tres campañas de muestreo de calidad del agua, sedimento y aforo en el río Hondo y la bahía de Chetumal; se instaló un sistema de aforo continuo en dos sitios para entender el comportamiento de la zona estuarina; se modeló la hidrodinámica del sistema río Hondo-Bahía de Chetumal con el modelo Delft3D, y se reprodujeron las condiciones de caudal encontradas durante los tres muestreo.

De igual forma, se generaron las coberturas de suelo, edafología, la base de datos meteorológicos, e información sobre el número de localidades, población y niveles de servicio para el modelo de fuentes difusas SWAT (*Soils and Water Assessment Tool*).

**Resultados principales:**

**Los parámetros convencionales indican buenas condiciones de calidad del agua en el río Hondo y sus afluentes. Los resultados de plaguicidas no han arrojado la presencia de los mismos en el río ni en afluentes.**

**A la fecha, considerando a macroinvertebrados como bioindicadores, se han identificado 16 693 individuos de 19 localidades y se cuenta con la calidad del agua en cada sitio medida a través del Índice Biótico de Hilsenhoff. También, se tiene la estructura de la comunidad y los parámetros ecológicos de relevancia, tales como riqueza, índices de diversidad y equidad para cada sitio.**



Colecta de macroinvertebrados en río Dulce, afluente del río Hondo



Toma de sedimentos en río Hondo

- *Caracterización de un sistema híbrido conformado por un stack de celdas de combustible microbianas-paneles fotovoltaicos para la producción de electricidad, a través del tratamiento de aguas residuales y radiación solar (primera parte)*

### **TC1514.6**

El alto consumo de energía eléctrica que demandan las plantas de tratamiento de aguas residuales invita a desarrollar tecnologías alternativas de tratamiento que requieran menor consumo de energía o, incluso, que sean generadoras netas de energía, operen eficientemente y generen menor cantidad de desechos sólidos.

El agua residual contiene grandes cantidades de energía renovable en forma de puentes químicos. Por ejemplo, el agua residual doméstica podría potencialmente generar una energía de hasta 2.2 kW/h.m<sup>3</sup> (demanda química de oxígeno [DQO] de 500 mg O<sub>2</sub>/L). Mediante un manejo eficiente e innovador, la energía química contenida en las aguas residuales crudas podría cubrir hasta el 7% de la energía consumida por las viviendas.

Recientemente, se ha demostrado que las celdas de combustible microbianas (CCM) pueden ser utilizadas para producir bioenergía (electricidad, metano e hidrógeno), a partir del tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales ya sean de origen doméstico, municipal o industrial contienen un rango variado de materia orgánica biodegradable que puede ser aprovechada por los microorganismos como una fuente de carbono. Durante el proceso de oxidación de la materia orgánica se libera energía que puede ser convertida en electricidad, logrando el doble efecto de depurar el agua residual y generar energía. Además, las CCM se pueden acoplar con celdas solares para mayor generación de energía eléctrica. Las CCM no necesitan construcciones grandes, pero sí escalables, que puedan tratar volúmenes mayores de agua residual para la generación de electricidad en tamaños compactos.

Hasta ahora, se han instalado y mantienen en operación dos sistemas de multiceldas de combustible microbianas: una con 40 CCM y otra con 20 CCM. Ambos sistemas se alimentan con agua residual de una unidad habitacional, la cual contiene una DQO entre 300 y 800 mg/L. Cada celda ha generado continuamente entre 300 y 700 mV, con una remoción de DQO alrededor del 75%. Igualmente, se desarrolla un sistema de monitoreo del voltaje en tiempo por medio de *LabView* y un banco de resistencias para caracterizar individualmente cada celda de combustible microbiana.

### **Resultados principales:**

**Con este proyecto se desarrolla y caracteriza un sistema para la autogeneración de electricidad a través de las aguas residuales y la radiación solar, por medio de un sistema híbrido de celdas de combustible microbianas-paneles fotovoltaicos, utilizando espectroscopía de impedancia electroquímica.**



**Sistema de multiceldas con veinte celdas de combustible microbianas**

- *Desarrollo de una tecnología de tratamiento para aguas residuales de la industria de bebidas alcohólicas (Tequila)(segunda parte)*

#### **TC1355.4**

El tequila es una bebida alcohólica tradicional en México que se obtiene de la destilación del mosto del agave fermentado de la variedad de agave *Tequilana weber* o agave azul. El tequila es, hoy en día, una bebida de aceptación internacional. La producción total de tequila, hasta 2012, fue de 253 200 000 litros, referidos a 40%, alcohol por volumen.

Los residuos generados por las tequileras son: mieles amargas, bagazo de agave tequilero y vinazas tequileras. Todas las vinazas de las diversas industrias tequileras son muy similares: temperaturas cercanas a 90° C y a pH menores que 4.0; demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO) en el intervalo de 20-35 g/L y 55.2-150 g/L, respectivamente. Las vinazas de las destilerías, contienen además, sustancias fenólicas y una alta concentración de sulfatos, calcio y potasio.

Durante la primera etapa del proyecto, se muestrearon y caracterizaron fisicoquímicamente las vinazas crudas de siete empresas tequileras de Jalisco. Se seleccionaron procesos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento de las vinazas, de acuerdo con la composición de éstas. También, se realizaron pruebas de tratabilidad mediante sedimentación, fotólisis directa con radiación de luz ultravioleta (UV), fotólisis UV con adición de peróxido de hidrógeno (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y foto-Fenton (UV/Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y UV/Fe<sup>3+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

El proceso que generó mayor remoción de materia orgánica fue la fotólisis UV con 26% de eficiencia, seguido de foto-Fenton (UV/Fe<sup>3+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) con 12.1%. De acuerdo con los barridos espectrofotométricos y a las cinéticas de remoción, la hidrólisis de las vinazas crudas y las mayores remociones de los contaminantes se obtienen en un periodo menor a 12 horas de reacción.

En esta segunda etapa se continúa la caracterización del agua residual de una industria tequilera. Además, se lleva a cabo el seguimiento de sistemas de biofiltración sobre medio orgánico empacados con madera de ficus y se realizará el monitoreo y caracterización fisicoquímica del influente y efluentes de los sistemas de tratamiento.

Se montaron y operaron cinco reactores anaerobios: tres reactores tipo UASB (reactor anaerobio de flujo ascendente por sus siglas en inglés), un filtro anaerobio empacado con carbón activado granular y lodo anaerobio granular. Los reactores anaerobios generaron remociones de DQO entre 50 y 80% con una producción continua de biogás. Hasta el momento, los sistemas se encuentran operando con una carga orgánica entre 2 y 13 kg DQO/m<sup>3</sup>·d.

El biofiltro que recibe el efluente tratado de los reactores anaerobios ha alcanzado eficiencia de remoción hasta de 70%, con DQO en su efluente, por debajo de 2 000 miligramos por litro.

El biofiltro aerobio, que sólo recibe vinaza cruda, ha presentado remociones de DQO del 50%, con valores promedios en el efluente de 6 000 miligramos por litro.

#### **Resultados principales:**

**El impacto socioeconómico que generará el sistema de tratamiento de las vinazas tequileras, conformado principalmente por reactores anaerobios y sistemas de biofiltración serán: disminución de descargas hacia cuerpos receptores (posible reúso del agua tratada) y/o suelos; cumplimiento con la normatividad vigente relacionada a descargas de aguas residuales; sistema de tratamiento robusto que permitirá a los industriales generar menores costos en la operación y mantenimiento del sistema, y abatimiento en los costos debido a la disposición y manejo de las vinazas.**



**Sistemas de biofiltración sobre ficus**

- *Tecnologías para la remoción de contaminantes emergentes, nutrientes y producción de energía en aguas y lodos residuales para cuencas hidrográficas del estado de Morelos (segunda etapa)*

#### **TC1504.1**

Durante 2014 se realizaron estudios preliminares de la capacidad de remoción de compuestos emergentes y nutrientes en biofiltros no convencionales con materiales naturales y sintéticos, biorreactores con membrana, oxidación avanzada y combinaciones de estos, así como sobre la generación de energía a partir de agua residual con alto contenido de materia orgánica. En esta segunda etapa del proyecto, se continúa la evaluación de la combinación de procesos que permiten lograr altas remociones de compuestos emergentes.

Se estudió la remoción de fluoxetina, ácido mefenámico y metoprolol en un sistema de tratamiento de aguas residuales aerobio con biomasa inmovilizada en lechos sumergidos. Se utilizaron dos tipos de soportes sintéticos de cinta de polietileno y cubos de poliuretano. Se aplicaron diferentes cargas orgánicas, tiempos de residencia hidráulica (TRH) y de retención de sólidos (TRS) y recirculación del efluente.

Las mejores remociones de los compuestos emergentes se obtuvieron con una carga orgánica de  $3.0 \text{ gDQO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , TRH entre 3.1 y 4.3 h, TRS de 19-32 d y con recirculación de 50% del efluente. Las remociones de fluoxetina, ácido mefenámico y metoprolol en los reactores con cubos de poliuretano fueron de  $94.9 \pm 0.8 \%$ ,  $81.8 \pm 3.7 \%$  y  $73 \pm 5.3 \%$  respectivamente, ligeramente mayores que las determinadas en los reactores con cinta de polietileno donde se obtuvieron remociones de  $93.9 \pm 0.3 \%$ ,  $77.4 \pm 3.4 \%$  y  $68 \pm 4.9 \%$ , respectivamente. El aumento de la carga orgánica y la disminución del TRS provocan disminución de la tasa de degradación de los compuestos emergentes. La implementación de recirculación del 50% del efluente mejora la remoción de los fármacos en 10-20 por ciento.

Se operó un biofiltro empacado con material orgánico (*Ficus benjamina*) con una carga de  $50\text{-}120 \text{ g} \cdot \text{DQO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  para la remoción de metformina (MTF) y ciprofloxacino (CPX), con concentraciones de  $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  y  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , respectivamente. Los resultados mostraron una remoción mayor de 85% de los dos contaminantes emergentes y 90% para la DQO y nitrógeno, así como una remoción promedio de fósforo total de 40%. El estudio del proceso de adsorción de MTF y CPX en columnas empacadas con *Ficus benjamina* indicó que los contaminantes emergentes son removidos entre 8.5 y 31.9% por el proceso adsorción.

Se montó y operó un sistema biológico conformado por un reactor anaerobio-anóxico-aerobio-MBR híbrido con el objetivo de evaluar la remoción simultánea de materia orgánica, nutriente y contaminante emergente. El TRH global del sistema fue de 25 h. El sistema de tratamiento generó una remoción del 90% de la DQO, del nitrógeno amoniacal del 99.9%, sólidos suspendidos totales del 99.9% y fósforo total del 25%. Se observó una buena nitrificación dentro de la zona aerobia del sistema. Se alcanzaron remociones del 80% de MTF y del 85% del CPX. La mayor remoción de los contaminantes emergentes ocurrió en el tanque aerobio y en el MBR híbrido.

### **Impacto del proyecto:**

**El proyecto permitirá desarrollar sistemas avanzados y adaptar sistemas ya existentes para remover nutrientes y compuestos emergentes presentes en las aguas y lodos residuales, así como implementar dispositivos de ahorro y producción de energía.**

**Los resultados y productos obtenidos ofrecerán soluciones para asegurar la protección de la salud pública y del medio ambiente, y para la implementación de sistemas de reúso del agua en las comunidades.**

**Subsecuentemente, las tecnologías desarrolladas permitirán a las comunidades realizar un desarrollo basado en el manejo apropiado de los recursos naturales, creando y preservando ambientes estéticos (espacios abiertos, recreación, belleza). El desarrollo de los prototipos de celdas microbianas para generación de energía eléctrica en el tratamiento de las aguas residuales será una aportación al área de energías alternativas y hará posible disminuir el consumo de energía en las plantas de tratamiento. Con el desarrollo de las tecnologías anteriormente mencionadas, se busca lograr un alto nivel de sustentabilidad a los usuarios, a las comunidades y al medio ambiente.**



**Instalación experimental de biorreactores con lecho sintético para remoción de ácido mefenámico, fluoxetina y metoprolol**

- *Estrategia para potabilización de agua en las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla, Morelos, con un enfoque holístico (segunda etapa)*

### **TC1503.1**

En 2014 se identificaron contaminantes inorgánicos y emergentes en fuentes de abastecimiento y plantas potabilizadoras de las cuencas de los ríos Cuautla y Yautepec. La evaluación de exposición humana a la gama de contaminantes identificados en el agua de consumo humano mostró que el arsénico (As) y la hormona sintética mestranol son altamente relevantes por su concentración (el As superó el límite de 25 µg/L [microgramos por litro]) establecido en la normativa vigente, en tanto que el mestranol superó los 2.5 ng/L [nanogramos por litro] propuestos en las guías australianas para reciclamiento de agua con fines potables), así que, posiblemente, la población esté ingiriendo dosis superiores a las aceptables. Ambos contaminantes son carcinógenos de humanos y disruptores endócrinos.

En la segunda etapa, desarrollada en 2015, se evaluaron dos tecnologías de tratamiento para potabilización del agua a fin de remover As y 17βestradiol (molécula modelo de la movilidad y degradabilidad del mestranol). As total de 200 µg/L y 17b-estradiol 70 ng/L:

- la primera tecnología fue la electrocoagulación (con electrodos de hierro) acoplado a la clarificación granular y filtración (arena-antracita y carbón activado granular), además los residuos del proceso del agua de lavado de los filtros y del clarificador granular fueron sometidos a tratamiento fisicoquímico para su compactación;
- la segunda tecnología fue utilizando filtración por membranas: una de ósmosis inversa y dos de nanofiltración (alto y moderado rechazo de iones divalentes); se incluyó la evaluación de dos técnicas de remineralización del permeado de los sistemas de membranas;
- Se determinó la estrogenicidad del influente y efluente de los procesos de tratamiento mediante pruebas de biología molecular, empleando como modelo biológico el pez *Danio rerio* (pez cebra).

#### **Resultados principales:**

**En las pruebas de tratabilidad con electrocoagulación se demostró que se puede remover hasta un 98 % de arsénico con el filtro de arena-antracita y un 92 % en el filtro de carbón activado. Las concentraciones de arsénico y de hierro se mantuvieron por debajo de los límites establecidos en la modificación del año 2000 a la NOM-127-SSA1-1994.**

**Por otro lado, los tres sistemas de membranas evaluados presentaron un elevado rechazo de arsénico: 100% para la membrana de ósmosis inversa y 99.99% para ambas membranas de nanofiltración.**

**La técnica de remineralización más adecuada, desde los puntos de vista técnico y económico, fue el uso de “contactores” de calcita.**

**En cuanto al tratamiento integral de los residuos, utilizando polímeros con carga aniónica, se logró reducir el volumen del agua de lavado de 55 L a 5 L de lodo con un porcentaje de humedad del 99.4%. El agua recuperada del lodo presentó 540 µg/L de arsénico y 14.5 mg/L de hierro, concentraciones altas para retornarlas al tratamiento. El lodo después de acondicionamiento químico se centrifugó y presentó un porcentaje de humedad del 94 por ciento.**

En la evaluación de la expresión genética mediante métodos moleculares en peces cebras expuestos al agua sintética (influyente), conteniendo la mezcla arsénico (200 µg/L) y estradiol (70 ng/L), y al agua producto (efluente) de las dos tecnologías estudiadas, se encontró que los genes que se expresaron en la mayoría de los órganos estudiados fueron *ef1a*, *cyp1a*, *fzr1*, *hmx* y *hsp70*.

Las pruebas de biología molecular confirman la expresión de genes debido a la estimulación recibida por los xenobióticos expuestos, pero no atribuibles a actividad estrogénica.



Desarrollo de pruebas para remoción de la mezcla arsénico-17  $\beta$  estradiol

- *Métodos analíticos para determinación de compuestos emergentes en agua (segunda parte)*

#### TC1502.1

Diariamente, la actividad humana crea alteraciones en su entorno. Es así que actividades tan comunes como la higiene personal o el cuidado de la salud pueden generar serios problemas en el ecosistema. En la actualidad, para muchos investigadores los contaminantes más problemáticos son los llamados “contaminantes emergentes”, compuestos de diferente origen y naturaleza química que corresponden a una amplia gama de sustancias, entre las que se encuentran los productos farmacéuticos y sus derivados: esteroides y hormonas; productos de cuidado personal; aditivos, y agentes industriales.

En el caso particular de los productos farmacéuticos y sus subproductos (metabolitos), se puede hablar que se trata de contaminantes emergentes, que no se encuentran regulados y cuyos efectos sobre el medio ambiente en general (seres humanos y biota) no son todavía suficientemente conocidos. Si bien no se trata de compuestos persistentes, dado que son constantemente utilizados y vertidos, además de que los sistemas de tratamiento convencionales de agua potable y de aguas residuales muchas veces no son capaces de eliminarlos, aumentando su concentración en el ecosistema, se requiere de nuevos y más sensibles métodos de análisis para su detección y cuantificación. Por ello, a partir de 2014, en el laboratorio de Calidad del Agua

del IMTA se desarrollan e implementan metodologías de análisis para la identificación y cuantificación de estos compuestos a nivel de nanogramos por litro.

El método implementado, implica extracción en fase sólida (SPE) del principio activo; la separación se realiza en diversas columnas C18. Se realizó la validación de 15 compuestos en concentraciones de 3 a 50 (ng mL<sup>-1</sup>), coeficiente de correlación de 0.98-0.99; el método analítico es lineal, preciso y exacto. La extracción de los 15 fármacos alcanzó eficiencias de recuperación de 75 a 90%. La metodología se validó con la cuantificación de muestras reales de agua de los ríos Yautepec y Cuautla; no se detectó la presencia de ninguno de los 15 fármacos. (4-dimethylaminoantipyrine, pindolol, metropolol, clenbuterol, bisoprolol, propanolol, betaxolol, antipyrine, sulfamethazole, ifosfamide, propyphenazone, atenolol, sotalol, salbutamol y terbutaline).

Continuando con el desarrollo de métodos, se efectuó la identificación de treinta compuestos diferentes: metformina, sulfamerazine, sulfadiazine, sulfamidine, sulfamethazine, naproxeno, trimethoprim, beta-metasona, carbamazapina, metronidazol, rodnazol, furazolidona, dapsona, cloranfenicol, diclofenaco, indometacina, gemfibrozil, tilosina, penicilina G, penicilina V, amoxicillin, nafcillin, dicloxacillin, cloxacillin, oxacillin y mestranol, entre otros.

### **Resultados principales:**

**El impacto del proyecto es alto, ya que se cuenta con métodos analíticos para determinación de compuestos que son, hoy por hoy, empleados sin restricción o regulación sanitaria y ambiental, con un alto grado de incertidumbre en lo que se refiere a los efectos sobre la salud pública, organismos acuáticos y otras formas de vida silvestre.**

**El impacto económico radica en que al contar con métodos analíticos ya no será necesario analizar las muestras en el extranjero, lo que repercute en los costos de los proyectos y da valor agregado al laboratorio de Calidad del Agua del Instituto.**

**El impacto científico y tecnológico es, sin duda, elevado, ya que contar con estos métodos analíticos implementados colocaría al IMTA en la vanguardia de los laboratorios acreditados de calidad del agua.**

- *Evaluación de sistemas de drenaje parcelario y sistemas de bombeo con energía eólica para mitigar y controlar el ensalitramiento en suelos agrícolas*

#### **RD1506.1**

En el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, se seleccionó una superficie de 41 ha para dar seguimiento a la evolución del ensalitramiento de los suelos.

Con el propósito de estudiar y aportar soluciones a los problemas de ensalitramiento de suelos agrícolas por efecto de niveles freáticos y temperaturas elevados, se seleccionó una parcela piloto de 4.3 ha equipada con drenaje parcelario subsuperficial y un cárcamo de recolección del agua drenada. La parcela se localiza en el Módulo de Riego 06 en la planicie costera, por debajo de la cota 5 m sobre el nivel del mar. Bajo estas condiciones topográficas el agua drenada no puede ser evacuada por gravedad, por lo que se instaló un sistema de bombeo abastecido por energía eólica.

En el área del proyecto se monitorea mensualmente la salinidad del suelo, el nivel freático, la salinidad del agua de riego y la del agua freática, y se registran las condiciones de clima. Se identificaron y caracterizaron tanto las principales variables agronómicas (hasta una profundidad de 1.5 m) como las variables hídricas y climatológicas que influyen en el ensalitramiento: manto freático superficial, contenido de sales del agua freática y contenido de sales del agua de riego; temperatura ambiente, precipitación pluvial y

evapotranspiración. Se generó información sobre la variación espacial y temporal de la salinidad de los suelos y de áreas con un nivel freático superficial.

En general, la parcela piloto incluye un sistema de drenaje con líneas de tubería corrugada de plástico, perforada, enterrada a 1.5 m de profundidad y con una separación de líneas entre 30 y 50 m. Todas las líneas descargan en un cárcamo de bombeo de concreto, cuya capacidad de almacenamiento es de 38 m<sup>3</sup>. El equipo de bombeo, impulsado con energía eólica, entró en operación en noviembre de 2014 para apoyar el ciclo agrícola otoño-invierno 2014-2015. Por la cercanía con el mar, corren vientos sostenidos con la intensidad requerida para generar la energía que demanda la evacuación del agua drenada. El sistema de bombeo consiste en un molino de viento de 10 m de altura, una hélice de 18 aspas de 3 m de diámetro y un pistón de 5", y una línea de descarga de PVC para conducir el agua bombeada hasta un dren a cielo abierto cercano a la parcela.

Para evaluar el funcionamiento del bombeo, se sembró trigo, el cual tiene la característica de ser tolerante a las sales, y a lo largo del ciclo agrícola se monitoreó la salinidad del suelo, el nivel freático, el gasto del molino de viento y se evaluó el rendimiento. Se encontró que al evitar el ascenso de los niveles freáticos la salinidad del suelo, dentro del estrato agrícola, disminuyó. De esta manera, dentro de la parcela piloto, se registró una reducción de un 49% en el contenido de la salinidad en el suelo al bajar el nivel freático en un 15%, con respecto al resto del área en estudio.

Es así que antes del bombeo en octubre de 2014 se tenían suelos de tercera clase en la parcela piloto, por su nivel de sales, misma que cambió a primera y segunda clases durante el ciclo del cultivo; el nivel medio de sales en el estrato superficial disminuyó de 11.7 dS/m (decisiemens por metro), que se tenía en octubre de 2014, antes del bombeo, a 4.6 dS/m en agosto de 2015. El nivel freático se mantuvo por debajo de 0.9 m, en promedio, adecuado para el buen desarrollo de las plantas de trigo, y el bombeo promedio diario resultó de 11 m<sup>3</sup>.

El rendimiento obtenido fue de 3.7 t/ha de trigo, inferior a las 4.5 t/ha, en promedio, de la región, el cual se vio afectado por lo tardío de la fecha de siembra (diciembre de 2014), ya que desde 2013 se registran temperaturas altas en invierno que causan un déficit en la cantidad de horas frío que requiere el trigo para su buen desarrollo. De acuerdo con las observaciones, se concluyó que el bombeo influye en la reducción de niveles freáticos y de sales del suelo en una superficie de aproximadamente 30 ha, incluyendo la parcela piloto, única que dispone de drenaje subsuperficial.

La rehabilitación del suelo de la parcela piloto se encuentra aún en proceso, por lo que la evaluación del bombeo con energía eólica debería continuar en el próximo ciclo de cultivo otoño-invierno 2015-2016, en el que se planea sembrar trigo de nueva cuenta.

### **Principales resultados:**

**Criterios y bases para el desarrollo, diseño y operación de sistemas de drenaje asistidos con bombeo abastecido con energía alternativa para la recuperación y explotación productiva de suelos agrícolas con problemas de salinidad y niveles freáticos elevados.**



**Trigo cultivado y molino de viento que bombea el agua de drenaje**

- *Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en ingeniería de riego*

### **RD1508.1**

Ante la necesidad de obtener imágenes con altas frecuencia y resolución espacial para el monitoreo de zonas agrícolas con fines de evaluación, seguimiento y gestión de los recursos, el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT), también conocidos como drones, equipados con sensores multifuncionales de detección remota y sistemas de navegación autónoma, se constituye como una alternativa tecnológicamente viable, de bajo costo y multifuncional. Recientes investigaciones indican que los sensores espectrales miniaturizados de bajo costo han evolucionado rápidamente hasta constituirse en una opción altamente competitiva, de tal forma que en la actualidad permiten obtener información similar a la que proporcionan los vehículos aéreos tripulados o satélites.

El IMTA, entre 2014 y 2015, conformó un equipo de técnicos e investigadores altamente especializados y adquirió dos drones, equipados con tecnología de punta, con fines de monitoreo y evaluación del estado y operación de la infraestructura hidroagrícola, productividad y manejo a nivel parcelario. Esta iniciativa ha permitido generar y validar metodologías para mejorar y aplicar procesos que demandan imágenes de alta resolución espacial bajo una cierta frecuencia temporal.

Se han realizado vuelos para capturar, con cierto detalle, el estado de parte de la infraestructura en algunos distritos de riego de Sinaloa, y se ha adquirido habilidad para planear y ejecutar misiones sobre zonas específicas para gestión y supervisión agrícola.

Por ejemplo, se ha observado el avance del riego por gravedad a través de varios surcos, así como una imagen con un cultivo de frijol para determinar índices de vegetación. Por otro lado, se ha hecho un reconocimiento sobre el canal Humaya en el Distrito de Riego 010, Culiacán-Humaya, Sinaloa, que tiene en proceso obras de sobreelevación proyectadas por el IMTA. Se tiene planeado estimar la capacidad y revisar la topografía del canal, con lo cual posteriormente, mediante el uso de *software* especializado, se podrán estimar las capacidades y los caudales circulantes.

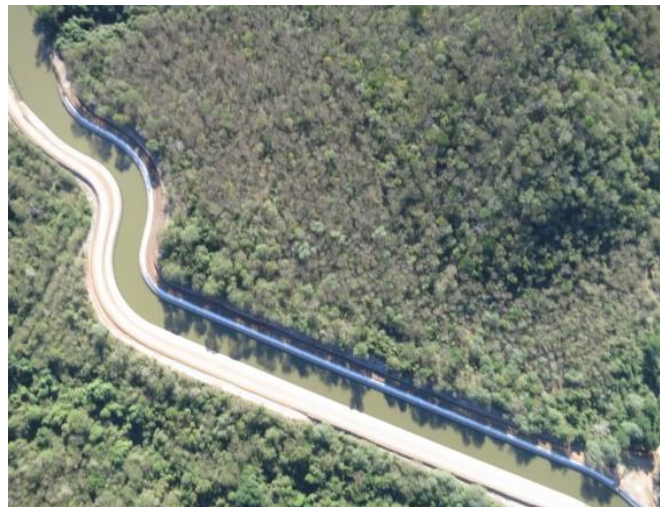
### **Principales resultados**

**Con la adquisición de dos drones, uno de hélice y otro de ala fija, se ha incorporado una nueva herramienta de apoyo para la fotografía aérea de formato pequeño. Los resultados del proyecto indican que estas plataformas móviles son útiles y eficaces para suministrar imágenes con alta frecuencia y alta resolución espacial de zonas agrícolas. Al incorporar sensores miniaturizados de detección remota, se han**

obtenido imágenes de zonas cultivadas para evaluar la aplicación del riego en parcelas, la generación de planos topográficos y la supervisión del estado de la infraestructura hidroagrícola.



Detección de características fisiológicas del frijol



Diagnóstico de infraestructura en el Canal Humaya, Los Mochis, Sinaloa

- *Sistema de información sobre extracciones con fines agrícolas en acuíferos*  
**RD1510.1**

En México, el seguimiento del agua subterránea se concentra en 653 acuíferos, los cuales obedecen a una clasificación y ubicación establecida y determinada por la CONAGUA. Al respecto, por tener una extracción anual superior en más del 10% al volumen de recarga natural de su cuenca, se estima que 115 de ellos se encuentran sobreexplotados. Aunado a las desmedidas extracciones que se tienen, se presenta un abatimiento del nivel estático, así como un aumento en los costos de extracción y, en muchos casos, el abandono de pozos por falta del recurso. Por otra parte los usuarios, en su mayoría, no llevan una medición y control de sus extracciones, originando, en la mayoría de los casos, que utilicen un volumen mayor al que tienen concesionado.

Hoy en día, el volumen total anual de agua subterránea aplicado en diferentes usos se estima en 28 000 hm<sup>3</sup>, de los cuales el 71% se destina a la agricultura y el resto a uso urbano e industrial. El cambio climático y sus consecuencias en la variabilidad e intensidad de la precipitación pueden inducir cambios significativos en la disponibilidad de agua en los acuíferos, mermando considerablemente su volumen sustentable.

Las perspectivas que se observan con la sobreexplotación del agua y una disminución en su calidad, implica establecer políticas de operación y manejo en la extracción del agua subterránea que permitan frenar los abatimientos y restablecer sus condiciones a un esquema sustentable. Ante este panorama, se justifica plenamente el desarrollo de un sistema de información que permita acceder a datos sobre los volúmenes extraídos, concesionados y recargados de los acuíferos, de manera flexible y organizada, clasificando los totales por grupos de interés y que incluya entre sus funciones la posibilidad de realizar una estimación indirecta del volumen extraído cuando el dato real no esté disponible.

Ante este planteamiento, el IMTA desarrolló la plataforma informática denominada *Sistema de información sobre extracciones con fines agrícolas en acuíferos* (SIEVA). Se considera que el contar con esta herramienta para el registro y control de extracciones de los acuíferos del país será de gran utilidad, especialmente para llevar un control del balance en su contenido volumétrico total, así como para la toma de decisiones y el control de extracciones.

Además del desarrollo del sistema, para su validación se obtuvieron datos de consumos energéticos y elaboración de pruebas electromecánicas de unidades de riego en Zacatecas. En total, se capturó información de 1 007 expedientes técnicos de unidades de riego beneficiadas por el Programa de Rehabilitación, Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Unidades de Riego, las cuales incluían el resultado de una prueba electromecánica realizada a la entrega de los equipos modernizados. Para validar esta información, se seleccionaron ochenta de los 1 007 expedientes, a fin de aplicar nuevamente una prueba de eficiencia, obtener índices energéticos y determinar el volumen extraído de manera indirecta. Los pozos evaluados pertenecen principalmente a los acuíferos de Calera, Chupaderos y Ojocaliente.

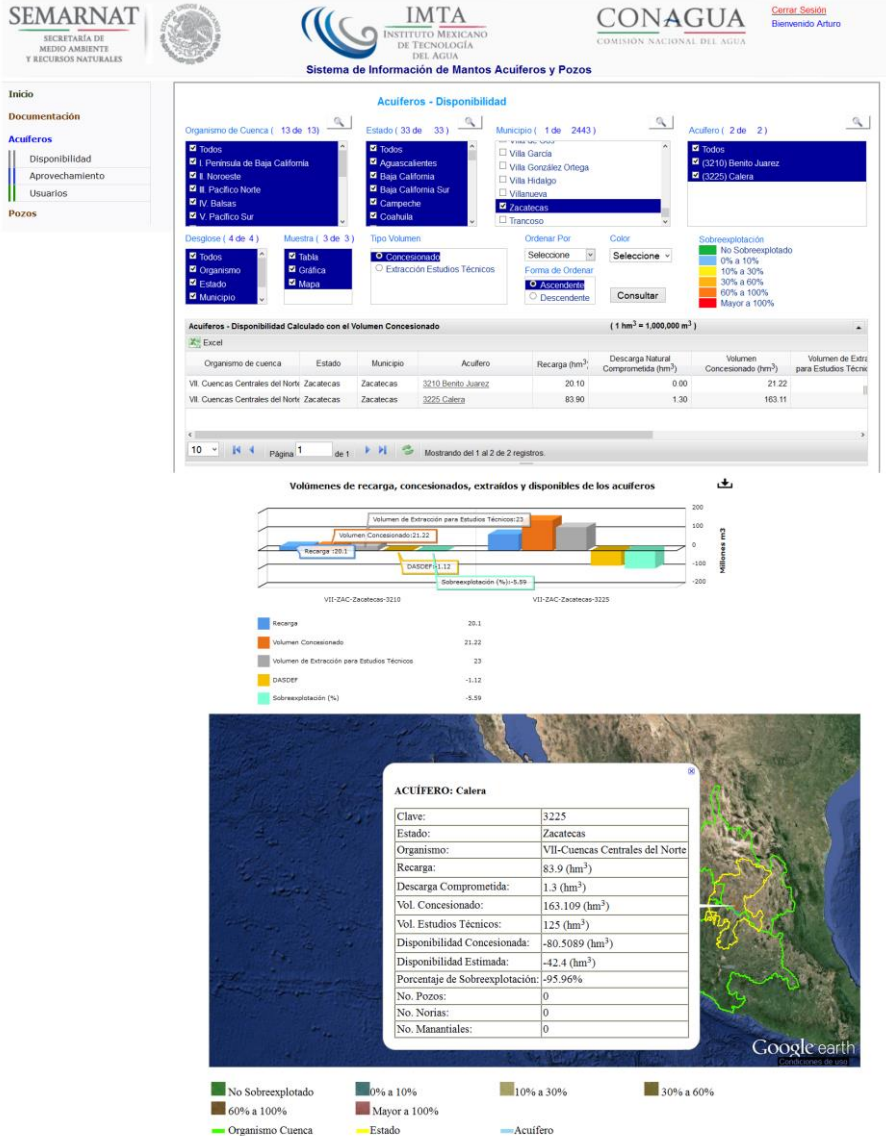
Con la información de consumos de energía de setenta pozos, el SIEVA pudo determinar que, con un consumo parcial del 2015 (al mes de septiembre), 15 pozos (21.43%) ya habían excedido su volumen concesionado, con una extracción promedio estimada del 161% de dicho volumen. Esta información, así como los mapas georreferenciados y los porcentajes de sobreexplotación de los acuíferos, permitirán tomar medidas de control en las extracciones, sobre todo en aquellos acuíferos donde la sobreexplotación es superior al 30% del volumen de recarga, así como determinar qué pozos y su ubicación son los que deben disminuir significativamente sus extracciones.

#### **Resultados principales:**

**Se dispone de una plataforma informática que facilita la ubicación de los acuíferos y proporciona la disponibilidad de volúmenes con base en estudios técnicos y concesiones. Esta plataforma incluye un mecanismo para estimar el aprovechamiento de volúmenes extraídos mensuales. Para tal fin, se realiza una cuantificación indirecta usando los consumos de electricidad y el denominado Índice Energético (kWh/m<sup>3</sup>).**

**El impacto social se verá reflejado al conservar el recurso de agua subterráneo para las futuras generaciones, y asegurar que el agua disponible de manera sustentable sea también económicamente costeable para los usuarios de los acuíferos.**

**Desde el punto de vista tecnológico, el sistema de monitoreo de acuíferos debe ser una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en las políticas de operación de extracciones y en la conservación de los recursos renovables del agua subterránea en los acuíferos de México.**



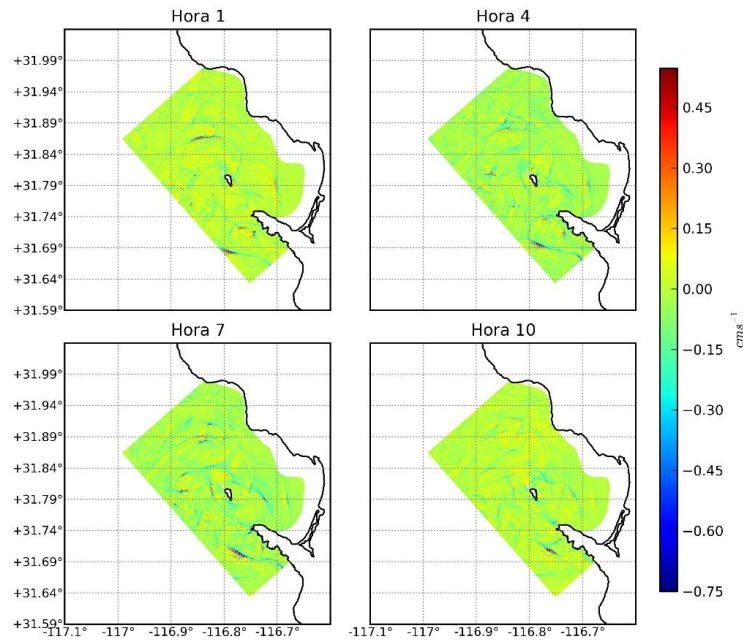
- *Modelación numérica de la circulación de la Bahía de Todos Santos, BC, México*  
**DP1431.6**

Recientemente, el impacto de las actividades humanas sobre la Bahía de Todos Santos (BTS) ha ido en aumento; por ejemplo: la pesca, cultivos intensivos de atún, dragado del puerto, construcción de marinas e instalación de desaladoras, entre otras. Por lo anterior, se hace necesario aplicar metodologías de ciencia básica para un mejor entendimiento de la circulación de la bahía y, con ello, contar con el conocimiento necesario para la toma de decisiones en su manejo, así como estar en la posibilidad de pronosticar la circulación y el posible impacto por derrames de contaminantes y la afectación debido al cambio climático.

La primera etapa del proyecto consistió en instalar el modelo numérico tridimensional oceánico ROMS en el clúster Turing, del IMTA, incluyendo la compilación de librerías para un adecuado funcionamiento del modelo. Posteriormente, se prepararon las mallas y algunos forzamientos preliminares para realizar las pruebas del funcionamiento del modelo. Una de las pruebas importantes consistió en cuantificar y minimizar las corrientes ficticias generadas por el uso de las coordenadas verticales Sigma.

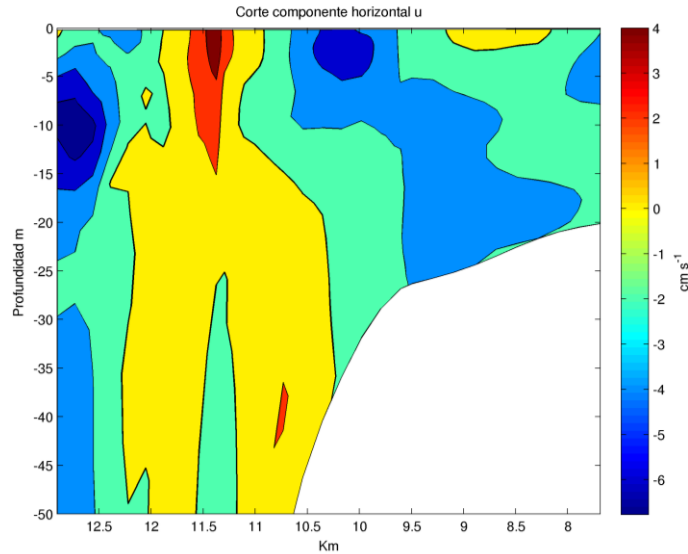
Con la finalidad de obtener y corroborar las salidas del modelo, se recopiló información sobre variables atmosféricas y temperatura superficial del mar. Además, se identificaron productos de reanálisis, que pueden utilizarse como forzamiento del modelo.

Se efectuaron corridas, donde se incluyó la marea como único forzante, para un periodo de un año y seis meses. Los primeros resultados indican la presencia de marea interna, la cual se genera en la región del cañón Punta Banda e ingresa al interior de la bahía. La marea interna puede producir mezcla y/o transportar nutrientes hacia la superficie, promoviendo el crecimiento de algas en la zona. La corrida numérica se realizó en dos nodos del clúster Turing, con un consumo de 120 procesadores en paralelo, generando un archivo de salida de 1.3 TBytes, y un tiempo de proceso de seis días.



**Componente vertical de la velocidad a 20 m de profundidad para la componente M2 de la marea en la Bahía de Todos Santos. Se observa la propagación de la marea interna al interior de la bahía**

Para evaluar los efectos atmosféricos se realizaron simulaciones con el modelo WRF con una resolución de 18 km con dos mallas anidadas de 6 km y 2 km, centradas en la bahía de Todos Santos para el mes de mayo del 2010 con treinta capas en la vertical. Para el dominio madre (18 km) la resolución temporal es de cada tres horas, mientras que para los dos subdominios es de una hora. Se convirtieron los datos de la simulación de coordenadas sigma a coordenadas de presión.



**Corte vertical de la componente u de la velocidad. Se observa la convergencia y divergencia de las corrientes, lo cual es una situación típica de las ondas internas**

Resultados principales:

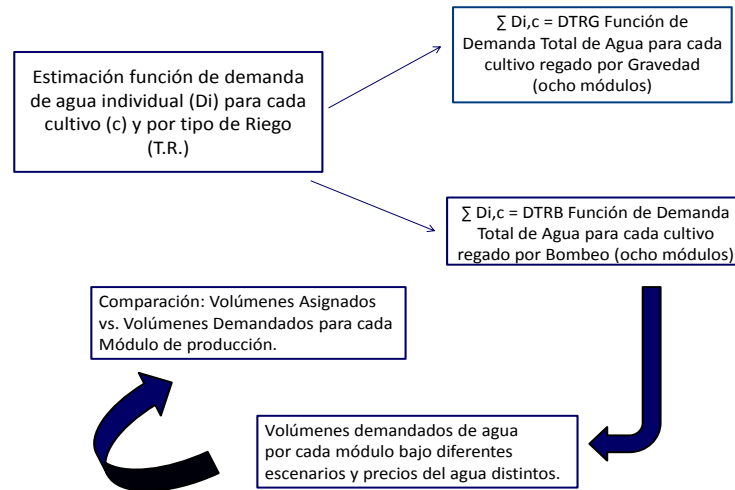
Al término del estudio se conocerá la circulación y los mecanismos principales que la regulan. Este conocimiento podrá ser utilizado en la toma de decisiones en distintas áreas económicas, como son: pesquerías, acuacultura, turismo y manejo de la zona costera. Además, es información útil para explicar distintos procesos biológicos y químicos dentro de la bahía.

- *Análisis económico integral en un sistema hídrico*  
**DP1503.1**

México enfrenta problemas de escasez, ineficiencia y contaminación del agua. El primero de ellos se ha manejado tradicionalmente por el lado de la oferta; es decir, mediante la construcción de infraestructura hidráulica, lo cual ha permitido, al menos temporalmente, satisfacer las crecientes demandas de agua de los diferentes sectores de usuarios. Sólo recientemente se ha insistido en ejercer un mayor control de la demanda de agua, a través del uso de instrumentos económicos para lograr su uso eficiente.

Para determinar la contribución económica del agua en las diversas inversiones hidráulicas que se hacen para riego, generación de hidroelectricidad, abastecimiento de agua urbano y rural, control de inundaciones y saneamiento, es importante valorar el recurso económicamente. Por ello, se desarrolló este proyecto con el fin de establecer una metodología y las correspondientes herramientas económicas que posibiliten estimar, en un sistema de recursos hídricos, el costo de oportunidad del recurso, así como el de las medidas de gestión necesarias para lograr los objetivos ambientales, por ejemplo, el gasto ecológico.

Se estableció una metodología para determinar cuál es la asignación eficiente del agua en la Cuenca Río Lerma 4 (Salamanca), en Guanajuato, para los usos agrícola e industria autoabastecida, dado un volumen de agua existente para los usos público urbano y medioambiental. Dicho método consiste en que una vez estimados los volúmenes demandados para los usos agrícola e industrial, estos pueden sumarse para obtener el volumen total demandado (VTD) en la subcuenca de estudio y compararse con el volumen concesionado total (VCT).



El análisis económico utilizado se inscribe dentro del marco de la teoría de la empresa. En primera instancia, se determinaron las funciones de producción de los principales cultivos de los ocho módulos que integran la zona de estudio, considerando por separado las tecnologías de riego: por gravedad (agua superficial) y por bombeo (agua subterránea), y de las industrias química, textil, bebidas y alimentos, por ser las principales en la zona de estudio. Para obtener la función de demanda derivada del agua, se calcularon primero la productividad marginal del agua, es decir, el aumento en la producción ante un incremento del insumo agua y, luego, el valor de la productividad marginal del agua, o sea, la productividad marginal del agua multiplicada por el precio del producto (en agrícola se utilizó el Precio Medio Rural y, en industria, la CONAGUA fija un sólo precio con base en criterios hídricos).

Además, se desarrolló un modelo de simulación hidroeconómica en plataforma WEAP, con el cual se realizó la simulación hidroeconómica de los ocho módulos del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma (Acámbaro, Salvatierra, Jaral, Valle, Cortazar, Salamanca, Irapuato y Abasolo), para llevar a cabo la valoración económica del agua dentro de la subcuenca de Salamanca.

De dicho análisis se determinó que la producción de granos ocupa la mayor parte de la superficie de los módulos y que son cultivos que consumen un volumen de agua significativo, como: sorgo de grano, maíz de grano, cebada y trigo de grano que, en conjunto, representan el 82% de la producción. Otro resultado importante es relativo al costo del metro cúbico de agua empleado para dichos cultivos: \$ 2.22 por fuente superficial y \$ 3.11 por fuente subterránea, considerando los costos de producción y volumen de agua utilizado.

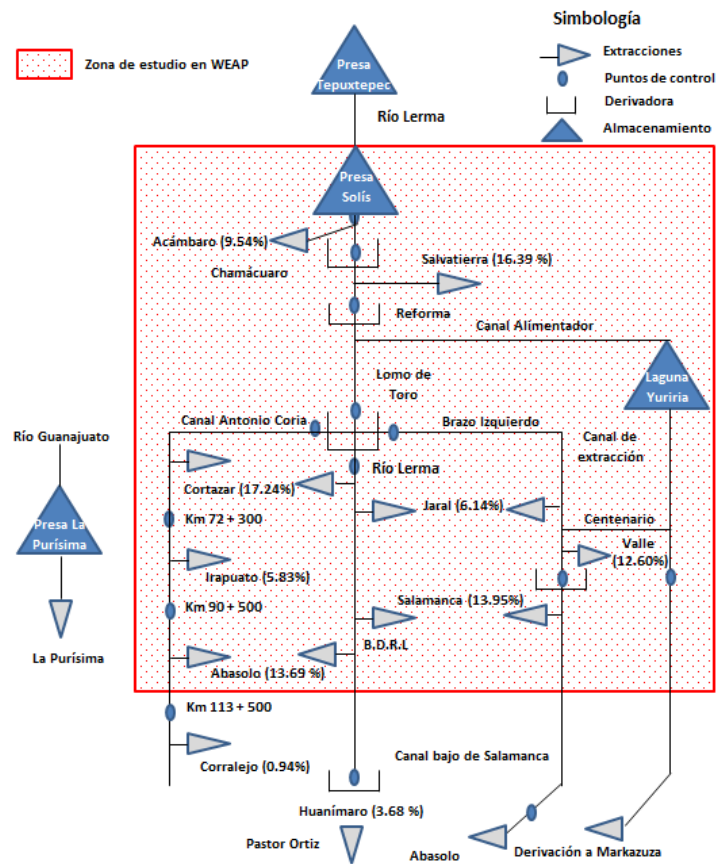
En cuanto a la pérdida que se tuvo de los cultivos, la cebada presentó el mayor déficit, siguiéndole el sorgo de grano y, al realizar la comparativa en los módulos, el de Abasolo tuvo mayor pérdida en los cuatro cultivos. Al comparar los beneficios con las pérdidas obtenidas, se tiene que estas últimas sólo afectan un 1.5% de las ganancias.

El modelo hidroeconómico realizado en WEAP (*Water Evaluation and Planning System*) quedó construido de tal manera que se colocaron 177 sitios de demandas (que para nuestro modelo representan los cultivos), dos presas (Solís y Laguna de Yuriria), tres derivaciones (canal Antonio Coria, canal Brazo Izquierdo y Canal de extracción) y 177 conectores de transmisión que van de la fuente superficial a las demandas. El modelo presentó en su análisis una satisfacción al 100% en los requerimientos de las demandas.

### Resultados principales:

**Contar con criterios económicos que permitan determinar, a partir de los usos público urbano, agrícola, industria autoabastecida y medioambiental del agua, cuál**

es la asignación eficiente de ésta en la subcuenca Río Lerma 4, Salamanca, Guanajuato.



- *Diagnóstico y propuesta de regulación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento*

### **DP1504.1**

Los servicios públicos tienen importancia fundamental en la organización y desarrollo de la sociedad en una economía de mercado, pero por sus características son actividades donde no siempre existe competencia y se encuentran regulados por el gobierno. Los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento son, tal vez, los de mayor importancia y sensibilidad en la población debido al impacto que tienen en el bienestar social. No obstante, en los prestadores de estos servicios existe, de forma generalizada, un bajo desempeño, y en los usuarios, una falta de cultura de pago que provoca una espiral ascendente de malas experiencias que pueden culminar en colapsos técnicos y financieros con repercusiones negativas en la calidad de vida de la población por abastecimiento de agua de mala calidad, o bien, por la falta de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Los argumentos anteriores fundamentan la necesidad de establecer un sistema regulatorio que busque el equilibrio de las libertades que un organismo operador de propiedad pública puede tener, basado en la figura jurídica de ser descentralizados con personalidad jurídica y patrimonio propios, y los intereses que el gobierno estatal y la sociedad misma busquen para elevar la calidad de vida y desarrollo.

Se elaboró una base conceptual de la regulación económica de los servicios prestados por organismos operadores bajo el enfoque del interés público y etapas requeridas para diseñar un esquema regulatorio que considera los siguientes aspectos: definir problemas y objetivos, evaluar si la regulación ayudará a alcanzar las metas del sector, identificar las funciones regulatorias para alcanzar los objetivos, definir la arquitectura del arreglo institucional y regulación de los organismo operador de agua potable, alcantarillado y saneamiento (OOAPAS).



### **Etapas para el diseño de un sistema regulatorio de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento**

Las etapas anteriores requieren la voluntad política y técnica de los tomadores de decisión, pero también la clara comprensión de que la regulación económica puede ayudar a preservar el interés público en los servicios de agua potable alcantarillado y saneamiento, de manera que los usuarios reciban el mejor servicio al menor precio.

Como parte de las bases de análisis de este trabajo, se realizó la revisión del marco legal de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en Sonora, particularmente en los municipios de Hermosillo, Cajeme, San Luis Río Colorado y Nogales. La Ley de Aguas de Sonora menciona criterios generales de eficiencia, eficacia, transparencia, continuidad y calidad, incluyendo un panel de indicadores compuesto por cuatro perspectivas: financiamiento, clientes, procesos y crecimiento, desarrollo e innovación.

### **Resultados principales:**

**Para el cumplimiento del derecho humano al agua es necesaria la regulación de los servicios, comenzando por incluir un volumen y tarifa mínimos para uso doméstico.**

- *Análisis de impacto socioeconómico de tarifas de agua potable*  
**DP1505.1**

A fin de contar con información sobre la situación de niveles tarifarios en distintas zonas de México, que guíen las políticas de incrementos y estructuras tarifarias en agua potable, alcantarillado y saneamiento de las instituciones prestadoras de los servicios, y en seguimiento del estudio realizado en 2014, se hizo un estudio para conocer el impacto del incremento tarifario en la calidad de los servicios de agua potable, basado en indicadores socioeconómicos de calidad, oferta y demanda.

Se analizaron los distintos niveles de precio que se establecen en distintas ciudades de México, en los últimos años, por el servicio de agua potable para los tipos de usuarios doméstico, comercial e industrial. En el análisis se describen algunos indicadores socioeconómicos que ayudan a conocer la situación de las 42 ciudades estudiadas; entre ellos: distribución de la población, bienes y servicios; Índice de Desarrollo Humano (IDH); Producto Interno Bruto; unidades económicas y población económicamente activa, así como algunos indicadores de gestión asociados al comportamiento técnico, comercial y financiero de las empresas que prestan los servicios de agua potable en dichas ciudades.

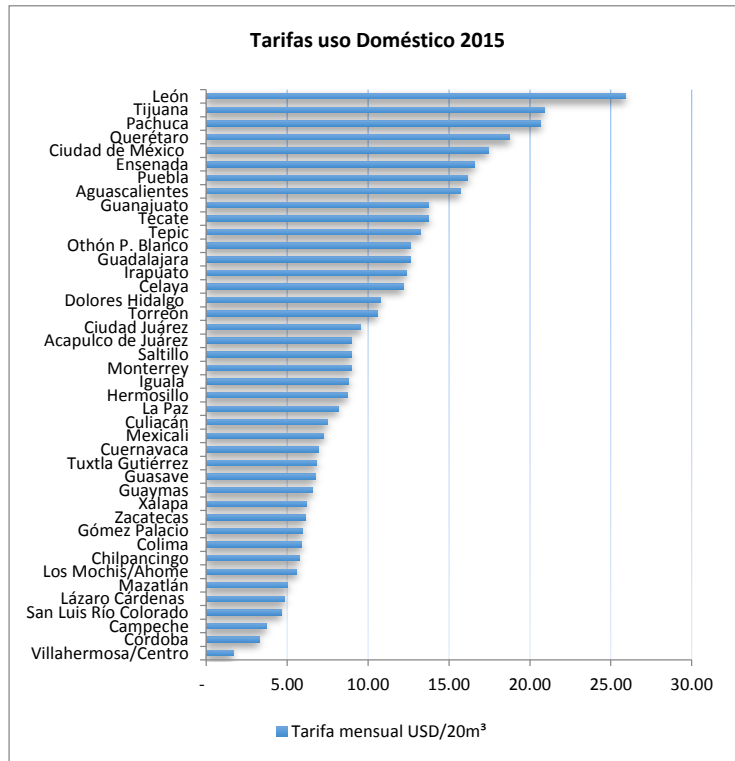
Se elaboró un análisis de impacto con relación a la situación socioeconómica que se vive en las ciudades respecto a los niveles tarifarios establecidos por el servicio de agua potable y la relación del comportamiento de los indicadores de gestión de los organismos.

En el análisis se identifica que la tarifa mensual que se cobra a un usuario doméstico por un consumo de 20m<sup>3</sup>, lo cual corresponde a una dotación promedio de 170 litros/habitante/día, alcanza variaciones de 1.65 a 25.89 dólares, entre las distintas ciudades analizadas. La ciudad de León tiene la tarifa más alta en el consumo de 20m<sup>3</sup> para consumo doméstico, cobrando 25.89 dólares al mes, seguida por las ciudades de Tijuana y Pachuca con 20.89 y 20.67 dólares, respectivamente. Por otro lado, las ciudades de Villahermosa, Córdoba y Campeche tienen los niveles de tarifa más bajos.

Uno de los indicadores socioeconómicos relevantes que se analizan es el IDH, que constituye una herramienta que ofrece múltiples posibilidades analíticas para la formulación de políticas públicas orientadas al desarrollo y provee información objetiva y útil para identificar zonas prioritarias de atención, así como para dirigir políticas, programas y recursos, según sea el nivel y dimensión del rezago. El IDH permite analizar el nivel y la desigualdad del bienestar que presentan las ciudades analizadas. En este estudio, podemos identificar las desigualdades en el precio que se cobra por distintos niveles de consumo de agua en las ciudades estudiadas.

**Resultados principales:**

**El estudio permite identificar las desigualdades en el precio que se cobra por distintos niveles de consumo de agua en las ciudades estudiadas.**



### Precio por consumo doméstico mensual de 20 metros cúbicos

- *Fortalecimiento y puesta en marcha del observatorio de conflictos por el agua*

#### CP1512.1

Este proyecto parte de la necesidad de construir una herramienta metodológica a fin de analizar los conflictos por el agua en México. Dado el caso, se lleva a cabo un seguimiento de los principales conflictos actuales, basado en fuentes hemerográficas nacionales, para su posterior análisis.

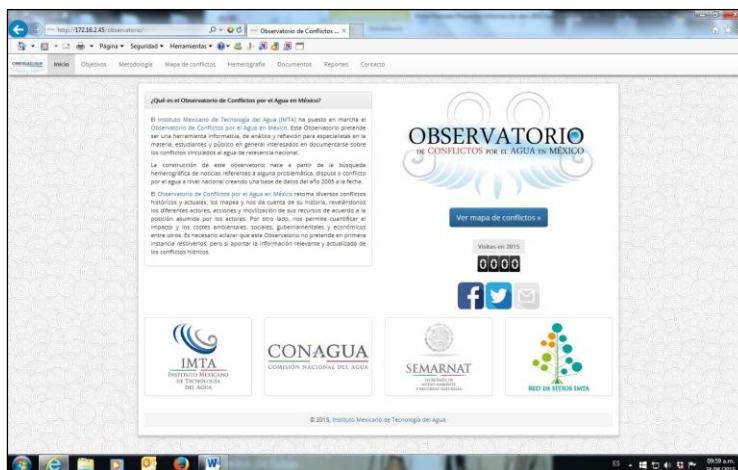
La información generada y analizada podrá ser vista en un sitio web, donde se podrán consultar una ficha informativa de los principales conflictos hídricos, una base de datos relacionada con el tema agua y boletines.

Ahora, se trabaja en el documento teórico-metodológico sobre los conflictos por el agua, se actualiza la base de datos hemerográfica, se rediseña la estructura del sitio web y se elabora el contenido de las fichas informativas.

#### Resultados principales:

**El alcance que puede tener el observatorio de conflictos, a través de un sitio web y su vinculación con las redes sociales, permitirá a personas interesadas en el tema tener una herramienta no sólo metodológica, sino también de consulta de**

contenidos para conocer, estudiar y dar seguimiento a los temas asociados con el agua y, en especial, la conflictividad hídrica.



Página de inicio del sitio web *Observatorio de conflictos por el agua en México*.

- *Estrategias para la adopción social de tecnologías alternativas de agua y saneamiento*  
**CP1511.1**

En México, las comunidades rurales siguen careciendo de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Por ejemplo, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011), el 20% de la población rural no cuenta aún con el servicio de agua. Las razones que explican este retraso son de diversa índole: geográficas, sociales, económicas y técnicas.

Para resolver esta problemática, existen diversos programas gubernamentales para dotar de agua potable y saneamiento a las comunidades rurales: CONAGUA tiene el Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS); la Comisión Nacional para el Desarrollo de Pueblos Indígenas, el Programa de Infraestructura Básica para Pueblos Indígenas (PIBAI), y la Secretaría de Desarrollo Social, el Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP). Además, existen organizaciones de la sociedad civil (Sasar Transformación; Fondo Mundial para la Naturaleza; Grupo de Estudios Ambientales, A. C., entre otras) que trabajan en comunidades rurales marginadas implementando proyectos de ecotecnias. No obstante estos esfuerzos, muchos de los proyectos desarrollados no tienen el éxito esperado y la infraestructura construida no se concluye o es abandonada al poco tiempo de su instalación.

Para identificar los factores que intervienen en la determinación del éxito o fracaso de los programas de agua y saneamiento, en este proyecto se realizaron tres estudios de caso en poblaciones rurales donde se implementaron programas para la cobertura de agua y saneamiento. En Querétaro, se analizaron los casos de Chitejé de Garabato, Amealco, Lagunita de San Diego y Landa de Matamoros, y en Oaxaca, la localidad de San Miguel Suchixtepec.

### **Resultados principales:**

**Los proyectos que involucraron a las poblaciones beneficiadas en las distintas etapas de su implementación, conservan en operación la mayoría de las tecnologías instaladas.**

La instalación de sistemas no convencionales, de carácter individual o colectivo, deben considerarse como prioritarios para remediar la falta de servicios en las poblaciones rurales marginadas.

Se debe tener sustento técnico constante y contar con la aceptación social que garantice su utilización y mantenimiento adecuado

Es deseable que los programas gubernamentales incluyan en sus ofertas tecnológicas sistemas no convencionales y exista una mayor apertura en las reglas de operación de dichos programas

Se debe partir del conocimiento local de los problemas, las soluciones y las preferencias de la población objetivo, así como de las necesidades de cada caso.

Dado que las condiciones de falta de servicios afectan diferencialmente a la población, es deseable introducir el enfoque de género.



- *Fortalecimiento de la gestión sustentable del agua y la soberanía hídrica en los países de la región latinoamericana*

### **CP1526.3**

El proyecto tiene dos objetivos: a) diseñar una metodología de fortalecimiento de capacidades en la tríada género, gestión sustentable del agua y soberanía hídrica en los países de la región latinoamericana, y b) sistematizar una experiencia exitosa de promoción del acceso al agua y el empoderamiento de las mujeres, así como generar lineamientos para el diseño de políticas públicas sustentables y equitativas.

En cuanto al primer objetivo, la metodología se dirige a facilitadores de los procesos de capacitación y se desarrolla mediante cuatro módulos: 1) Situación del agua en América Latina desde un enfoque de género; 2) Género y agua en los procesos de gestión; 3) Marco legal y derecho humano al agua en América Latina, desde un enfoque de género, y 4) Plan de acción género y agua. La metodología se publicará en un libro a ser distribuido en países de la región.

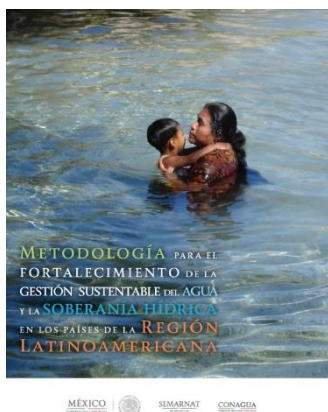
Con relación al segundo objetivo, se generó un documento que pretende convertirse en herramienta de análisis y reflexión para la creación de lineamientos de intervenciones y políticas públicas de agua y saneamiento para zonas rurales, mejorando acciones futuras a través del aprendizaje de las lecciones surgidas de esta experiencia. Se dirige tanto a organismos gubernamentales como no gubernamentales, con intención de que sus intervenciones vayan más allá de la instalación de sistemas de agua y saneamiento, y se comprometan con la apertura de canales de participación y acceso en la toma de decisiones por parte de mujeres y hombres de las comunidades rurales.

Para este caso, también se generó un libro que sistematiza la experiencia exitosa de promoción del acceso al agua y al saneamiento desde el referente de la participación social y el empoderamiento femenino. Asimismo, se realizó un video de que relata la experiencia y se elaboró un folleto para tomadores de decisiones.

### Resultados principales:

**Diseño de una metodología de fortalecimiento de capacidades en la tríada género, gestión sustentable del agua y soberanía hídrica, validada con expertas de la región latinoamericana en un taller de tres días, el cual contó con la presencia de 38 personas provenientes de seis países latinoamericanos.**

**Promoción de procesos de autogestión comunitaria.**



- *Agua y pueblos indígenas*  
**CP1513.1**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geográfica, en México habitaban en el año 2010 un total de 112 336 538 habitantes, de los cuales, 15.7 millones se identifican como indígenas. Esta población se distribuye –de acuerdo con la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas– en 64 172 localidades indígenas.

Al considerar que los pueblos indígenas presentan mayores carencias o limitaciones en materia de servicios de agua y saneamiento, se planteó, a partir de los datos censales disponibles, diseñar un sistema de información estadística y geográfica que pueda dar cuenta de la situación actual de estos grupos. Para ello se seleccionaron dos localidades en dos regiones indígenas, una en la mixteca oaxaqueña y otra en la zona chontal del estado de Tabasco, con la finalidad de que esta información sirva de insumo para conocer con mayor detalle las condiciones reales de dichos servicios. En paralelo, se realizó un estudio antropológico sobre las formas de gobierno, cosmovisión y gestión del agua en las localidades de las regiones indígenas seleccionadas.

Actualmente, se está en proceso de revisión y articulación de la información disponible para crear una base de datos acorde con la situación real de las localidades indígenas y en proceso de la redacción final del estudio antropológico. Ello, con miras a que se conforme un modelo para elaborar un atlas nacional de los pueblos indígenas del México actual.

### Resultados principales:

**Contar con datos objetivos del estado que guardan las regiones indígenas, en cuanto a los servicios de agua y saneamiento y sus formas de gestión del agua**

para, a partir de esta información, contribuir a una mayor eficiencia en los programas y políticas públicas en dichos servicios.

- *Software para un centro de control de información de telemetría CP1509.1*

El IMTA, desde 2010, genera sistemas que proporcionan información a ejecutivos y operativos de diferentes áreas del sector hídrico en México. En 2014, se desarrolló una aplicación móvil como visor de información de telemetría. Se consideró importante complementar este producto, para lo cual era necesario un *software* que integrara, gestionara y difundiera información de telemetría proveniente de diversos actores y fuentes de información. Esto impactaría positivamente en el acervo de *software* disponible para uso interno y externo del Instituto.

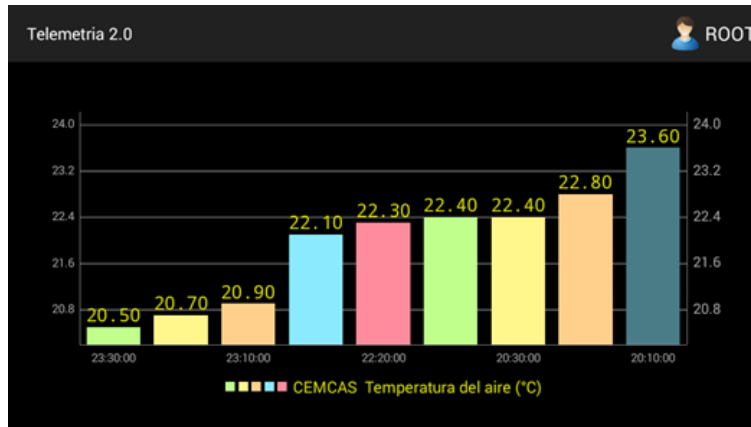
El resultado es un *software* orientado a la gestión, control y difusión de información de telemetría con los siguientes componentes: 1) módulo de despliegue accesible desde cualquier plataforma que soporte navegadores compatibles con HTML5, y 2) módulo de gestión de datos capaz de recibir y transmitir, de acuerdo con una definición de configuración de permisos y vistas el acceso de cada instancia del módulo de despliegue.

**Resultados principales:**

Se hizo uso de conceptos básicos de *Ajax*, *JavaScript* y *JSON* para crear el *web service* que hace posible la extracción de información contenida en otros servidores, mediante consultas elaboradas en el mismo formato. Se envía información a través de *AJAX* actualizando el contenido.



Ejemplo de vistas de alto nivel de estaciones de telemetría desde la App *Android*



**Ejemplo de vista a detalle de los registros de temperatura de una estación de telemetría dentro de la App Android**

- *Diseño y levantamiento del registro regional de información estadística y geográfica del agua en el Organismo de Cuenca Pacífico Sur*  
**CP1523.3**

El Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH) define los objetivos, estrategias y líneas de acción prioritarias para la nación en materia de agua, estableciendo elementos de implantación y seguimiento, así como de evaluación del mismo. Este programa fue sometido a dictamen de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, de conformidad con los lineamientos y guía técnica para la elaboración de los programas derivados del PND 2013-2018. Actualmente, la información del agua utilizada para los procesos de evaluación, planeación y decisión se conforma principalmente de datos provenientes de documentos, redes de medición y monitoreo, y de informantes de las múltiples entidades que participan en la gestión del recurso hídrico.

El Registro de Información del Agua en el Organismo de Cuenca Pacífico Sur (OCPS) y del estado de Oaxaca tiene como objetivo identificar, clasificar y poner a disposición, de órganos de gobierno y al público en general, información estadística y geográfica vinculada al sector hídrico del país.

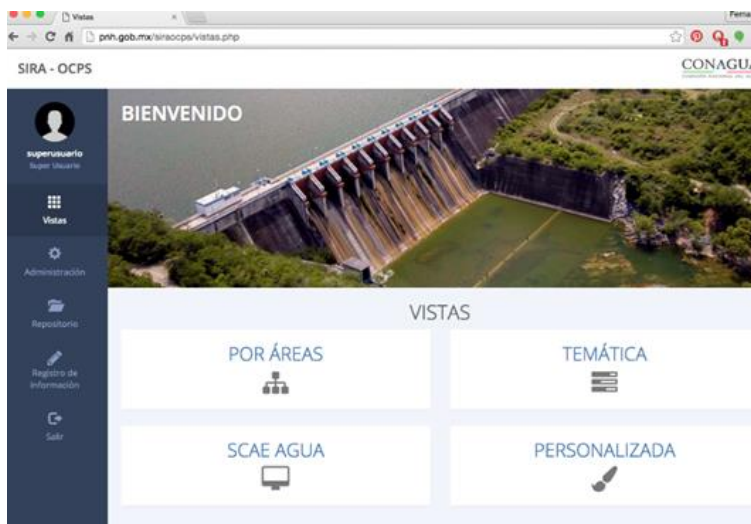
Para ello, se han planteado los siguientes objetivos específicos: 1) revisar y actualizar la conceptualización general del registro de información en el ámbito de competencia del OCPS y de Oaxaca; 2) contar con formatos y manual de registro para las siguientes instancias: a) diversos usos, (b) tipo de datos, c) fuentes de información e informantes; 3) realizar el levantamiento de datos en las áreas prioritarias dentro del OCPS y de Oaxaca: a) prospectiva hídrica, b) calidad del agua, c) Registro Público de Derechos del Agua, d) agua potable, e) distritos y unidades de riego, f) cartera de proyectos y g) indicadores de desempeño; 4) elaborar un diagnóstico de los datos y recomendaciones bajo criterios de: a) consistencia, (b) congruencia, c) disponibilidad, d) accesibilidad y e) uniformidad, y 5) suministrar asistencia técnica a las áreas participantes para la formulación de: a) requerimientos técnicos, b) normalización de series históricas y c) habilitación de servicios.

### **Resultados principales:**

**Se llevó a cabo: el proceso de registro de información revisado y actualizado, la taxonomía del registro de información, la elaboración de los criterios de evaluación y conformidad, la prueba y calibración del registro de información, el procedimiento de actualización, el informe de la revisión de estándares vigentes de metadatos, el diseño de la plataforma para el levantamiento de metadatos, el informe del**

levantamiento de metadatos, el registro de información del periodo base 2012, el diagnóstico de datos y la propuesta de arquitectura tecnológica.

Adicionalmente, se desarrolló un prototipo de la propuesta del Sistema Nacional de Información sobre el Agua (SIRA), disponible en <http://www.pnh.gob.mx/siraocps>



- *Tablero ejecutivo del IMTA*  
**CP1510.1**

Desde 2010, el IMTA ha desarrollado sistemas que proporcionan información a ejecutivos de diferentes áreas del sector hídrico en México; entre ellos, los pertenecientes al mismo Instituto.

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de un sistema basado, en web, que consta de los módulos: estatus de contratación, avance general de los proyectos (internos y externos), directorio de contactos y agenda.

Este sistema permite que, desde los módulos de usuario del tipo enlace administrativo, se puedan agregar, consultar, modificar y eliminar registros que contienen datos relevantes para los miembros del directorado. El sistema puede usarse desde una dirección local dentro de la red de área local del IMTA, y permite el despliegue de gráficas y datos de proyectos.

### **Resultados principales**

**Mantener informados a los miembros de la Junta Directiva del Instituto, con respecto al avance en: contratación, avance general de los proyectos, contactos, información de clientes y agenda, en una misma interfaz.**

- *Diseño de metodología y prueba piloto para educación y cultura del agua en instituciones públicas (IMTA Verde)*  
**CP1519.3**

Los trabajos consistieron en diseñar, probar y validar una metodología a ser implementada en las instituciones públicas de los tres órdenes de gobierno, así como establecer las condiciones en las que se encuentran las

instalaciones hidrosanitarias del IIMTA, con el propósito de hacer mejoras para el aprovechamiento adecuado del recurso.

Entre los resultados, se obtuvo: la producción de contenidos y materiales educativos con información relevante sobre cuidado y uso responsable del agua; la producción de boletines, materiales impresos y audiovisuales, así como cursos a distancia, y la transmisión, por medios electrónicos e impresos, de los contenidos y materiales educativos, a través de las plataformas propias del IMTA y de las instituciones involucradas en la aplicación de la metodología para educación y cultura del agua en instituciones públicas.

#### **Resultados principales:**

**Participación activa e informada de personal del Instituto en las acciones para aplicar la metodología y prueba piloto dirigidas a la educación y cultura del agua en instituciones públicas, y la incorporación de entidades educativas y dependencias de la Administración Pública Federal.**

**Promoción, entre los empleados públicos y visitantes de las instituciones mencionadas, de una cultura de conservación y preservación del recurso.**

- *Desarrollo de una estrategia de educación y cultura del agua por el IMTA, para implementación internacional (primera etapa: Latinoamérica)*  
**CP1522.2**

El objetivo del proyecto consiste en establecer actividades de cooperación con las áreas dedicadas a la formación de recursos humanos en educación y cultura del agua, captación de agua de lluvia y erosión de cuencas.

Las actividades de cooperación se llevaron a cabo a mediante las siguientes modalidades: intercambio de investigadores, intercambio de experiencias sobre la organización de la enseñanza, reuniones académicas, participación conjunta en proyectos, intercambio de información, realización de publicaciones, videos y bibliografía, e intercambio de material de enseñanza.

#### **Resultados principales:**

**Activar y fomentar la cooperación entre promotores y maestros dedicados a la educación y cultura del agua.**

- *Metodología para el diseño y elaboración de material didáctico interactivo sobre cultura del agua*  
**CP 1503.1**

En 2008 la CONAGUA implementó el Programa de Cultura del Agua. En dicho marco se desarrollan actividades tales como la apertura y fortalecimiento de los Espacios de Cultura del Agua (ECA); la realización de eventos de difusión educativos, académicos y culturales; el diseño, adaptación y distribución de material lúdico, didáctico e informativo, y talleres o cursos para la construcción y fortalecimiento de capacidades en materia de cultura del agua.

Los materiales didácticos que se utiliza en los ECA no son elaborados bajo una metodología acorde con las necesidades del sector hídrico, por lo que es importante sentar las bases teóricas y metodológicas que den sustento a los materiales usados en los diversos ECA del país.

Hasta el momento, se tiene una propuesta de medio electrónico titulado *El reino de Arturo del Agua*, cuyo propósito es involucrar a niños y familiares en el manejo y uso del agua; el planteo del problema de investigación sobre materiales didácticos y se redacta el texto del libro para niños: *Derecho humano al agua y saneamiento*.

**Resultados principales:**

**Contribuir con el sector de cultura del agua del país, mediante una metodología que sustente la elaboración de los materiales didácticos utilizados en los 1 655 espacios de cultura del agua.**

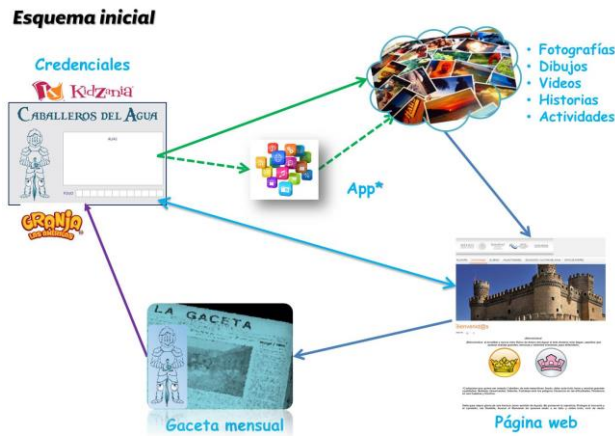
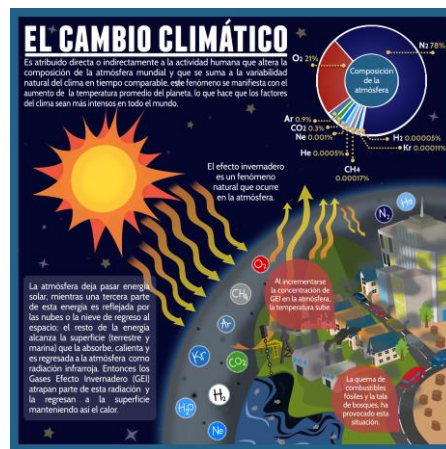


Imagen del medio electrónico *El reino de Arturo del Agua*



Flexágono *El cambio climático*

## 2. ASESORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

### TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

- *Supervisión, seguimiento y evaluación de los proyectos financiados en el marco de los Lineamientos para el otorgamiento de subsidios a organizaciones de la sociedad civil. Desarrollo sustentable con perspectiva de género y Desarrollo sustentable en beneficio de comunidades y pueblos indígenas*  
**CP1533.3**

En el marco del Programa hacia la Igualdad y la Sustentabilidad Ambiental, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales apoya a organizaciones de la sociedad civil para la implementación de proyectos que contribuyan a promover el desarrollo sustentable, la conservación de los recursos naturales, el combate al cambio climático y el mejoramiento del medio ambiente, así como el crecimiento económico, ingreso y autoempleo. En 2015, el IMTA fue responsable de llevar a cabo la revisión de la información documental y la supervisión en campo de las actividades y productos comprometidos.

La consultoría consistió en: registro, revisión y seguimiento de la información documental entregada por las organizaciones de la sociedad civil al inicio, a medio término y al finalizar los proyectos; supervisión y verificación en campo de los resultados de los proyectos, y evaluación de los beneficios ambiental, social, económico, de género y de pueblos indígenas, generados por los proyectos subsidiados.

#### **Resultados principales:**

**Como resultado de la consultoría, se diseñó una encuesta para conocer el nivel de satisfacción de los beneficiados, se elaboró un marco teórico a fin de sustentar el proceso de otorgamiento de subsidios y se realizaron sugerencias dirigidas a modificar herramientas e instrumentos empleados en el proceso de seguimiento y supervisión de los proyectos.**



## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

- *Instrumentos de política pública en el ámbito municipal y de participación pública para la implementación de las líneas de acción del Programa Nacional Hídrico 2014-2018*

### **CP1516.3**

Como una estrategia global el Gobierno de la República, a través del Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH), ha desarrollado un sólido instrumento para atender la seguridad hídrica, el derecho humano al agua y saneamiento básico y, por ende, el apoyo objetivo y bien sustentado en el mejoramiento integral de la gestión del recurso, incluyendo la prestación de los servicios de agua en los asentamientos humanos y en el campo, con base en el desarrollo de su capacidad de articular en forma amplia y productiva las relaciones con entidades federativas y, a través de ésta, con los municipios.

Se elabora una guía de reglamento municipal de los servicios de agua potable, alcantarillado, drenaje, tratamiento y disposición de aguas residuales, donde se establecen las disposiciones jurídicas necesarias para la prestación de los servicios, en el marco de cumplimiento del derecho humano al agua y sostenibilidad.

Además, al interior de la situación actual, deben explorarse las oportunidades que representa la colaboración para la prestación de servicios urbanos asociados con el agua, mediante convenios de coordinación entre los municipios, así como la importancia y pertinencia de crear los reglamentos municipales que los regulen.

De lo anterior se obtuvieron los siguientes documentos: *Bases conceptuales y jurídicas de la Guía para el desarrollo de reglamentos municipales de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales; Guía para el desarrollo de reglamentos municipales de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales; Bases conceptuales y jurídicas de la Guía para la constitución de organismos operadores intermunicipales agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales; Guía para la constitución de organismos operadores intermunicipales de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, y Exploración de los mecanismos de participación ciudadana organizada y desarrollo de propuesta.*

### **Resultados principales:**

**Se apoya el establecimiento de bases conceptuales para la provisión de servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado y disposición de aguas residuales.**

- *Estudios especializados a presas de almacenamiento, derivadoras y bordos en alto riesgo, en ocho presas de Aguascalientes*

### **HC1528.3**

Las presas aportan beneficios extraordinarios; sin embargo, están sujetas a diversos tipos de deficiencias o riesgos de falla debido al envejecimiento de las obras, falta de mantenimiento, al cambio del uso de los suelos en la cuenca (deforestación y urbanización) y, en algunos casos, a la invasión y contaminación de los embalses y cauces aguas abajo, lo cual eleva el potencial de riesgo al considerar que sí es probable la falla. Ésta, en caso de suscitarse, provocaría daños ambientales, pérdidas económicas e, incluso, de vidas humanas.

Por lo anterior, este proyecto tuvo como fin conocer el estado físico y funcional de ocho presas ubicadas en Aguascalientes, clasificadas como de alto riesgo, así como cualquier condición que pueda representar peligro de afectación a las obras, a la población, sus bienes e infraestructura ubicada aguas abajo.

### Resultados principales:

Los estudios de las inspecciones de seguridad con especialistas en geotecnia, estructuras, hidrología, hidráulica, entre otros, arrojaron resultados de la revisión de la seguridad hidrológica tanto del embalse como de la obra de excedencias; la revisión de la estabilidad estática y dinámica de las presas, considerando sus características geométricas y mecánicas; la delimitación de las zonas de peligro en términos de inundación sobre el cauce aguas abajo, y las posibles medidas de mitigación para mejorar la seguridad estructural, funcional y operacional de las ocho presas.

Características de las ocho presas clasificadas como de alto riesgo

Presa	Municipio	Año de término	Tipo de cortina	Altura máxima (m)	Ancho de la corona (m)	Longitud (m)	Vol. NAMO (hm)	Tipo de vertedor	No. de obras de toma
El Cedazo	Aguascalientes	1960	Homogénea	12.24	4.10	376.00	0.45	Canal lateral	1
Los Gringos	Aguascalientes	1900	Homogénea	7.50	16.30	167.80	1.40	Cresta recta	1
Malpaso	Calvillo	1800	Mampostería	35.50	0.44	81.40	5.53	Cresta recta controlada	1
Ojo Calientillo	Calvillo	1890	Mampostería	15.00	2.15	103.40	0.15	Cresta recta	1
La Pileta II	Jesús María	1932	Homogénea	9.00	4.20	291.00	0.73	Tajo	0
San Blas	Rincón de Romos	1755	Calicanto	25.00	1.00	166.32	0.53	Lavadero y cresta recta	1
El Tulillo	Asientos	1958	Homogénea	6.00	4.00	1 670.00	0.62	Lavadero y Creager	2
Las Adjuntas	Asientos	1800	Homogénea	5.25	4.40	1 361.20	0.51	Escotadura	2

Fuente: Información tomada del SISP-CONAGUA

- *Estudio en modelo físico del funcionamiento hidráulico del vertedor de la presa de almacenamiento Zapotillo, para altura máxima de 80 m, en el Río Verde, Yahualica de González Gallo, Jalisco (tercera etapa)*

### HC1519.3.

Se han realizado dos estudios similares: en 2010 (primera etapa), la geometría de la cortina contaba con un talud aguas abajo de 0.83:1; en 2011 (segunda etapa), el talud cambió a 1.239:1, y un dado de concreto (mochila) al pie aguas abajo de la cortina, esto con la finalidad de asegurar la estabilidad de la cortina. En las dos primeras etapas, la altura de la cortina corresponde a 105 m. Debido a una controversia constitucional, ni la obra ni sus estructuras deben pasar la altura de 80 m, medidos en la sección máxima de la cortina. En la tercera etapa, el estudio es con la geometría de la segunda etapa, pero para una altura de 80m. Es importante mencionar que en la revisión bibliográfica no se encontró una obra con características similares.

La modificación de la altura de la cortina influye en el gasto de diseño del vertedor, ya que se reduce considerablemente la capacidad de regulación del vaso. El tránsito de la avenida por el vaso para las nuevas condiciones resulta de 5 212 m<sup>3</sup>/s, cuando para 105 m de altura es de 4 795 m<sup>3</sup>/s. Es importante destacar que estos resultados se obtuvieron en forma numérica, combinando los resultados del modelo físico. Dada la condición legal, no se debe construir arriba de los 80 m de altura; esto implica que la cortina vierta en toda la longitud disponible, 320 metros.

El estudio se realizó en el laboratorio de Hidráulica Enzo Levi del IMTA, en un modelo físico a escala reducida 1:50; el gasto en el modelo es de 295 litros por segundo.

#### **Resultados principales:**

**Se definió la geometría del vertedor con las estructuras y modificaciones requeridas para lograr un funcionamiento hidráulico adecuado; se establecieron con mayor precisión los coeficientes de descarga para la geometría final y el análisis del tránsito de avenidas para la obtención del gasto de diseño, y se determinaron las estructuras requeridas para la adecuación y funcionamiento apropiado. Es importante mencionar que en el modelo y para diferentes gastos, se probaron las geometrías de los arreglos de las estructuras propuestas.**



**Funcionamiento del vertedor con modificaciones recomendadas**

- *Estudio de riesgo de inundaciones en zonas urbanas de la república mexicana*  
**HC1333.6**

A través de su historia, México se ha visto afectado por la inclemencia de los fenómenos meteorológicos; esto debido a su ubicación geográfica. Dentro de los principales problemas que generan los fenómenos meteorológicos con intensidad inusual están las precipitaciones extremas, producto de huracanes, tormentas y depresiones tropicales, así como fenómenos convectivos. Dichas precipitaciones generan inundaciones que suelen producir severos daños a la población y a vías de comunicación; a la infraestructura urbana, hidroagrícola, fauna, así como a diversas actividades económicas e, incluso, pueden ocasionar pérdidas de vidas humanas.

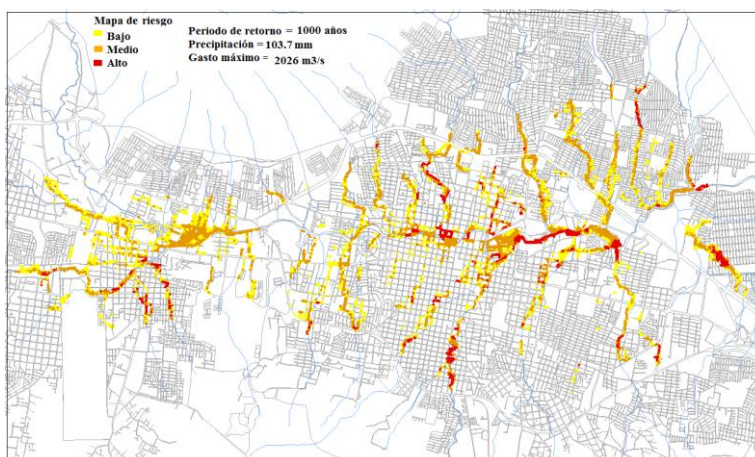
Es en este sentido que surge la necesidad de desarrollar una metodología que permita generar mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo por inundación, con la que sea factible determinar los daños generados por los escurrimientos pluviales y fluviales, además de generar diversos escenarios con los que se puedan proponer acciones que permitan mitigar dichos daños. Los modelos matemáticos resultan una herramienta necesaria para realizar estos escenarios, con los que se pueda determinar a un mínimo costo las acciones de solución a los problemas de inundación en las zonas urbanas.

Por ello, se desarrolla una metodología para la generación de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo en zonas urbanas con el uso de modelos matemáticos. Estos mapas se obtienen considerando la integración de la infraestructura pluvial, en el análisis de escurrimientos en calles y el escurrimiento fluvial (ríos), con los que se obtienen resultados más confiables.

#### Resultados principales:

**Al desarrollar una metodología para la generación de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo, con el uso de los modelos matemáticos, se logran reducir costos en el análisis de escenarios, se determinan de manera más eficaz las acciones para la mitigación de daños por inundación, así como la cuantificación en costos generados por la misma.**

Para los mapas de peligro se ha propuesto un criterio que toma en cuenta no sólo el tirante y la velocidad del agua alcanzados en las calles; también se consideran los criterios de deslizamiento y vuelco, con los cuales es posible establecer con mayor certeza los problemas generados por los escurrimientos de alguna precipitación dada en una zona urbana.



Mapa de riesgo por inundación para un periodo de retorno de 1 000 años, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, calculado con un modelo matemático bidimensional

- *Coordinación, seguimiento, supervisión, integración y análisis del Programa de Medidas para Prevenir y Enfrentar la Sequía (etapa 3)*

#### **Sin clave**

El Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE) consiste en la atención, seguimiento, mitigación y prevención del fenómeno recurrente de la sequía en el territorio nacional. Fue instaurado en 2013 por iniciativa del titular del Ejecutivo Federal. Para su implementación, se elaboró el *Proyecto de coordinación, seguimiento,*

supervisión, integración y análisis del Programa de Medidas para Prevenir y Enfrentar la Sequía, el cual consta de seis etapas.

La etapa 3 comprende la estimación de índices de vulnerabilidad económica, social y ambiental, así como el monitoreo de sequía e instrumentación de los Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS). Lo anterior, para complementar y dar continuidad a lo realizado en las etapas anteriores.

La etapa 1 consistió en la formulación de los PMPMS para cada uno de los 26 consejos de cuenca del país, con el fin de que sean instrumentos de planeación que permitan la adecuada toma de decisiones en el seno de los mismos. La etapa 2 consistió en la elaboración de los PMPMS para las principales ciudades de México, con el objetivo de que sean instrumentos de planeación que posibiliten la adecuada toma de decisiones en el seno de los organismos operadores de agua potable.

#### **Resultados principales:**

**Se tendrá un impacto económico y social al contribuir a mitigar los efectos negativos de las sequías en México, mediante la elaboración de estudios de vulnerabilidad, monitoreo de sequía e instrumentación de los PMPMS correspondientes a la etapa 3 de 6 del PRONACOSE. Igualmente, se tendrá un impacto científico al proponer y desarrollar metodologías para el análisis de la vulnerabilidad económica, social y ambiental ante la sequía.**

- *Diseño y levantamiento del Registro Nacional de Información Estadística y Geográfica del Agua*

#### **TH1514.3**

El Programa Nacional Hídrico 2014-2018 establece la necesidad de integrar el Registro Nacional de Información Estadística y Geográfica del Agua, cuya función es inventariar y catalogar los conjuntos de datos sujetos a interpretación estadística y geográfica con los que cuenta el sector de utilidad para el quehacer de sus principales actores.

En este orden de ideas, el diseño y levantamiento de información para el Registro Nacional de Información Estadística y Geográfica del Agua se alinea al acuerdo por el que se aprueba la norma técnica para el acceso y publicación de datos abiertos de la información estadística y geográfica de interés nacional, del cual el INEGI funge como unidad central coordinadora del sistema.

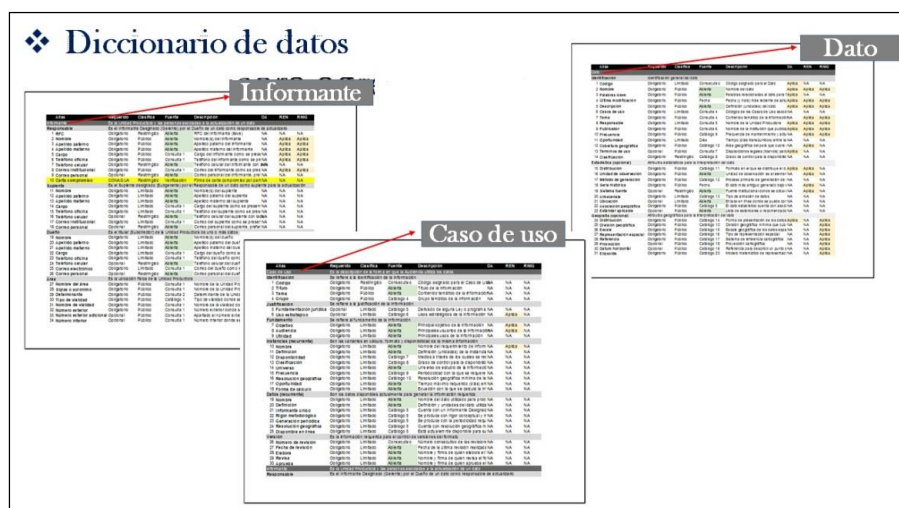
Los objetivos específicos del proyecto consistieron en: 1) contar con formatos y manual de registro para las instancias de casos de uso, datos e informantes; 2) levantamiento de datos en las áreas prioritarias de la CONAGUA; 3) Diagnóstico de datos y recomendaciones bajo criterios de consistencia, congruencia, disponibilidad, accesibilidad y uniformidad, y 4) asistencia técnica a las áreas participantes.

Para cumplir con los objetivos señalados, se revisaron estándares de metadatos nacionales e internacionales y se generaron los formatos y manuales para el registro de la información (casos de uso, datos e informantes), así como formatos para la realización de diagramas de flujo que permiten establecer el procedimiento de cálculo de un dato o indicador.

Por otra parte, se efectuó el levantamiento de los datos relevantes establecidos por diversas subdirecciones de la CONAGUA. Entre las áreas levantadas están la Gerencia General de Cartera de Proyectos y la Gerencia de Planeación Hídrica (Indicadores de desempeño-Programa Nacional Hídrico); la Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado y la Gerencia de Potabilización y Tratamiento; la Gerencia de Calidad del Agua y la Gerencia del Consultivo Técnico; las Gerencias de Distritos, Unidades de Riego y la Gerencia de Protección en Ríos y de Distritos de Temporal Tecnificado. Finalmente, también se levantó información de la Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional.

## Resultados principales:

Se establecieron las bases científicas de generación de información hídrica, tanto en su nivel actual como para su mejora bajo criterios bien definidos, además de establecer los criterios de uso para mejorar su impacto social y establecer las tecnologías de explotación de los mismos.



- Actualización de datos estadísticos y geográficos, y mantenimiento de componentes informáticos del Sistema de Información Nacional del Agua (SINA)

### TH1517.3

El Programa Nacional Hídrico 2014-2018 establece la unificación de plataformas informáticas de carácter analítico y geográfico bajo las cuales se estructuran y almacenan datos sobre riesgos, cantidad, calidad, usos y conservación del agua, con la finalidad de facilitar su mantenimiento y actualización, así como la ampliación y fortalecimiento de los almacenes de datos a escala nacional y regional bajo esquemas modernos y eficientes donde se estructurarán y consolidarán datos, de forma tal que faciliten la generación inteligente de información útil y confiable para apoyar los procesos de evaluación, planeación y decisión del sector hídrico nacional.

Los objetivos específicos de este proyecto son: 1) realizar la actualización de datos y mapas al cierre de 2014, 2) realizar el mantenimiento anual de los componentes informáticos, 3) elaborar un documento de rediseño conceptual y gráfico de la interfaz de consulta analítica y cartográfica; 4) hacer disponibles servicios de datos y mapas a partir del almacén de datos, y 5) integrar al SINA con otros sistemas informáticos dedicados a procesos de planeación y evaluación.

Para alcanzar los objetivos citados se solicitó la información estadística y geográfica al cierre del 2014 a las diversas áreas o dependencias del sector, la cual fue validada, uniformizada y cargada a la bodega de datos y a la base de datos geográfica del SINA. Además, se dio mantenimiento a los tableros analíticos del sistema para pasarlos a la plataforma de *WebFocus 8*. Asimismo, varias estructuras de tablas fueron modificadas o creadas con respecto de la información que se recibió. Con respecto de este último punto, se dio mantenimiento a los procesos de extracción, transformación y carga para toda estructura de tabla alterada o generada nueva en la base de datos, de manera que toda la información recibida pudiera cargarse adecuadamente.

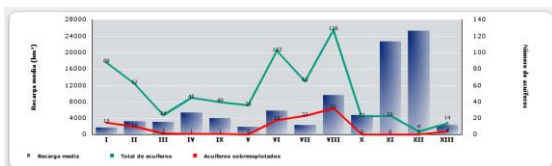
Se generó y trabajó en el rediseño conceptual y gráfico de la interfaz del SINA, la cual se espera poner a disposición del público en el primer semestre del 2016, por parte de la CONAGUA. Usando la base de datos del SINA, se generaron diversos servicios de datos vía Internet que permiten que la información sea descargada y usada directamente por sistemas de información geográfica sin pasar por su sistema informático. Además, se estableció la interconexión con los archivos de Excel de la Cartera de Proyectos, con la base de datos del Sistema de Seguimiento al Desempeño del Plan Nacional Hídrico, y se elaboró el modelo lógico y físico de la base de datos del Registro Nacional de Información Estadística y Geográfica del Agua.

### Resultados principales:

El sistema permite reducir los costos de difusión de información debido a su operación con base en Internet de manera interactiva e intuitiva, que permite conocer la situación del sector agua de manera rápida sin intervención de un operador. Con este sistema, cualquier usuario puede obtener información confiable y precisa, tanto histórica como actual, de manera fácil, gratuita y directa, sin necesidad de pedimento a la Comisión Nacional del Agua.

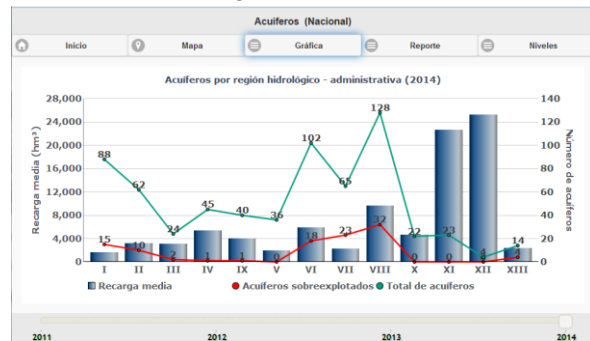
### Tablero analítico de acuíferos

ANTES



Vista anterior de gráfica de acuíferos

AHORA



Vista actual de gráfica acuíferos

Región Hidrológica-Administrativa	Total de acuíferos	Sobreexplotados	Con intrusión marina	Bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres	Recarga media (mm <sup>3</sup> )
I Península de Baja California	88	15	10	4	1,458.10
II Noroeste	62	10	5	0	3,206.60
III Pacífico Norte	24	2	0	0	3,076.40
IV Balsas	45	1	0	0	1,935.90
V Pacífico Sur	36	0	0	0	5,900.20
VI Río Bravo	102	18	0	8	2,319.60
VII Cuencas Centrales del Norte	63	23	0	18	2,319.60
VIII Laguna Santiago Papicpac	128	32	0	0	9,469.90
IX Golfo Norte	45	1	0	0	4,068.70
X Golfo Centro	22	0	0	0	4,705.30
XI Frontera Sur	23	0	0	0	22,717.70
XII Península de Yucatán	4	0	0	1	25,315.70
XIII Aguas del Valle de México	14	4	0	0	2,346.10
<b>Total</b>	<b>653</b>	<b>106</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>92,574.55</b>

Vista anterior de tabla de acuíferos

Región hidrológica-administrativa	Total de acuíferos	Sobreexplotados	Con intrusión marina	Bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres	Recarga media (mm <sup>3</sup> )
I Península de Baja California	88	15	10	4	1,458.1
II Noroeste	62	10	5	0	3,206.6
III Pacífico Norte	24	2	0	0	3,076.4
IV Balsas	45	1	0	0	1,935.9
V Pacífico Sur	36	0	0	0	5,900.2
VI Río Bravo	102	18	0	8	2,319.6
VII Cuencas Centrales del Norte	63	23	0	18	2,319.6
VIII Laguna Santiago Papicpac	128	32	0	0	9,469.9
IX Golfo Norte	45	1	0	0	4,068.7
X Golfo Centro	22	0	0	0	4,705.3
XI Frontera Sur	23	0	0	0	22,717.7
XII Península de Yucatán	4	0	0	1	25,315.7
XIII Aguas del Valle de México	14	4	0	0	2,346.1
<b>Total</b>	<b>653</b>	<b>106</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>92,574.5</b>

Vista actual de tabla de acuíferos

Acuíferos (Nacional)							
Inicio		Mapa		Gráfica		Reporte	
Detalle de los acuíferos en México							
Nº	Nombre de acuífero	Recarga (hm³)	Extracción (hm³)	Disponibilidad (hm³)	Área (km²)	Zona de Disponibilidad	Documento
101	VALLE DE AGUASCALIENTES	235.00	420.00	.00	3,129.21	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
102	VALLE DE CHICALOTE	35.00	48.00	.00	724.67	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
103	EL LLANO	15.00	24.00	.00	554.94	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
104	VENADERO	1.80	2.00	.00	111.06	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
105	VALLE DE CALVILLO	25.00	40.00	.00	1,048.20	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
201	TIRIAMA	26.60	6.00	12.13	244.99	3	DOF-14DIC2011-142.pdf
202	TECATE	10.10	11.00	.00	762.47	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
203	EL DESCANÇO	2.70	1.90	.86	267.18	3	DOF-14DIC2011-142.pdf
204	LOS MEDANOS	1.80	.70	.75	110.29	3	DOF-14DIC2011-142.pdf
205	LAS PALMAS	10.50	7.90	.00	2,118.20	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
206	LA MISSION	6.50	6.10	.00	476.27	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
207	GUADALUPE	26.40	34.70	.00	975.62	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
208	OJOS NEGROS	19.00	25.50	.00	657.62	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
209	LAGUNA SALADA	16.30	16.30	.00	5,689.39	2	DOF-14DIC2011-142.pdf
210	VALLE DE MEXICALI	520.50	602.00	.00	4,907.75	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
211	ENSENADA	3.70	3.60	.00	752.25	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
212	MANEADERO	20.80	30.60	.00	1,466.25	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
213	SANTO TOMAS	6.60	10.40	.00	886.24	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
214	SAN VICENTE	28.00	20.20	.68	2,082.07	2	DOF-14DIC2011-142.pdf
215	CAÑON LA CALENTURA	9.90	6.60	.00	645.53	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
216	LA TRINIDAD	24.40	25.20	.00	1,212.18	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
217	SAN RAFAEL	12.40	18.60	.00	1,260.64	1	DOF-14DIC2011-142.pdf
716	CIAN TEX-MEX	0.00	10.00	0.00	1,708.64	1	DOF-14DIC2011-142.pdf

### Componente nuevo

- *Consolidación del Catálogo Nacional de Programas y Proyectos del Sector Hídrico*

#### TH1518.3

La Subdirección General de Planeación de la CONAGUA establece y dirige las estrategias dirigidas a fortalecer el desarrollo de las acciones de transversalidad entre las diversas instituciones y actores vinculados al agua, para lograr los objetivos, metas y estrategias institucionales.

En este sentido, es importante mejorar los instrumentos de planeación hídrica a fin de contar con un sistema nacional de generación de proyectos y un acervo robusto y suficiente de proyectos de inversión, para lo cual se requiere continuar con los esfuerzos enfocados a detectar necesidades y demandas por parte de la población y los gobiernos estatales y municipales, y emprender un programa bien sustentado y vigoroso de estudios y proyectos.

Dada la gran cantidad de obras de infraestructura que la creciente población del país demanda, es necesario impulsar y orientar mayores recursos en la realización de estudios y proyectos de inversión en la CONAGUA que apoyen el desarrollo sustentable de las cuencas del país.

#### Resultados principales:

Se cuenta con un *Catálogo Nacional de Programas y Proyectos*, con los lineamientos necesarios que le aportan la confiabilidad necesaria, un sistema de indicadores de gestión y de impacto de los proyectos, cédulas ejecutivas con la información necesaria para el seguimiento de los elementos y componentes de programas y proyectos, así como la descripción de los criterios para la evaluación de proyectos.

- *Estudio de ingeniería básica para determinar el método óptimo de oxigenación del agua en la presa Valle de Bravo, Estado de México*

#### TH1537.3

Los sistemas de oxigenación del agua se basan en el suministro de aire u oxígeno disuelto en ésta para mantener los procesos naturales de oxidación en cuerpos de agua. Estos sistemas pueden dar resultados

positivos en pequeños cuerpos, pero en lagos y embalses con mayores dimensiones resultan ineficientes. En estos casos, se requiere aplicar tecnologías de oxigenación hipolimnética, donde se suministra oxígeno disuelto en altas concentraciones mediante conos de Speece en el agua fría del fondo de cuerpos de agua con estratificación térmica, promoviendo los procesos naturales de oxidación y evitando la formación de ácido sulfhídrico y la liberación de hierro, manganeso y fósforo al agua.

Sin embargo, para la aplicación de esta tecnología deben considerarse las cargas de demanda de oxígeno, es decir, las entradas, salidas y consumo de oxígeno por agua y sedimento. Aunque esta tecnología ha dado resultados positivos en otros cuerpos de agua, debido a las condiciones particulares de la presa Valle de Bravo, se requiere determinar los parámetros de diseño, dimensionar el proceso y estimar los costos del sistema de oxigenación.

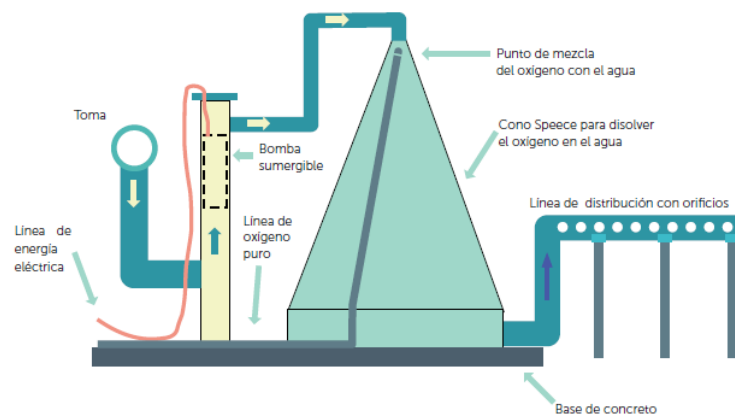
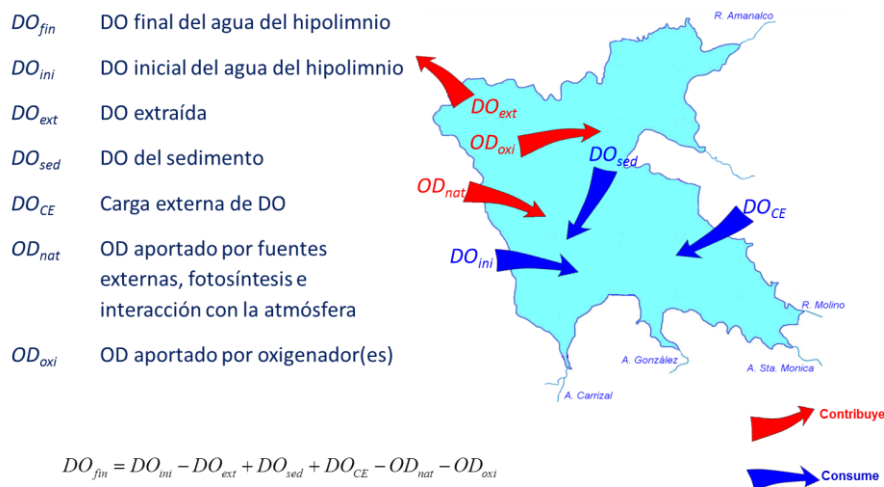


Diagrama de cono de Speece para suministro de oxígeno disuelto en altas concentraciones en el fondo de cuerpos de agua



Modelo conceptual de oxigenación del agua en la presa Valle de Bravo

### Resultados principales:

Con personal de la CONAGUA se realizó una visita técnica para conocer resultados obtenidos en otros lagos con este tipo de saneamiento y se desarrolló un modelo conceptual que describe el proceso de oxigenación del agua en la presa Valle de

Bravo, considerando uno o varios oxigenadores. Para alimentar a este modelo, se actualizó el inventario de cargas externas de demanda de oxígeno y se determinaron las demandas de oxígeno en agua y sedimento. También, se analizaron los tiempos de oxigenación necesarios a fin de obtener oxígeno disuelto en “exceso” en el agua de fondo y en concentraciones que cumplen con los criterios ecológicos para agua, como fuente de abastecimiento en diferentes cantidades de sistemas y bajo dos escenarios de control de la carga externa. Por último, se analizaron los costos de instalación y mantenimiento, y se compararon con los costos de aireación y aplicación de adsorbente para control de nutrientes.

#### Resultados de aplicación del modelo conceptual

Núm. de conos de Speece (tiempos de operación)	Año en que se obtiene “exceso” de oxígeno disuelto	Año en que se estabiliza oxígeno disuelto en concentraciones arriba de 4 mg/L
1 (Todo el año)	30	Nunca alcanza $OD_{fin} > 4$ mg/L, sino 1.3 mg/L después de 76 años de operación
1 Igual al anterior pero con 36% de reducción de $DO_{CE}$	16	26
2 (todo el año durante 7 años, seguido por 33 semanas al año)	7	12
2 Igual al anterior, pero con 36% de reducción de $DO_{CE}$	6	9
3 (Todo el año durante 4 años, seguido por 2 conos durante 33 semanas al año)	4	10
3 Igual al anterior, pero con 36% de reducción de $DO_{CE}$	4	6

- *Elaboración de documentos de análisis a partir de los productos de conocimiento del Programa Hidrológico Internacional (PHI), para su difusión en México y Latinoamérica*

#### TH1522.3

El programa UNESCO-PHI produce gran variedad de publicaciones y documentos sobre el agua. La mayoría de estos se pueden descargar de forma gratuita en la página web del PHI; sin embargo, algunos se encuentran sólo en idioma inglés.

Para difundir los avances en materia del agua subterránea, se propuso la elaboración de tres documentos de análisis a partir de los productos de conocimiento del PHI, para su difusión en línea en México y Latinoamérica.

En el proyecto, se llevaron a cabo los procesos de traducción y revisión de estilo de los documentos: *Groundwater Resources Sustainability Indicators*, *Groundwater Early Warning Monitoring Strategy: a Methodological Guide* y *Groundwater for Emergency Situations: a Methodological Guide*.

Los documentos serán publicados en sitios web de la CONAGUA y del Programa Hidrológico Internacional.



- *Ingeniería de detalle, implementación, puesta en marcha e inicio de operación de la infraestructura que permita mejorar el abasto y calidad del agua en la Región Lagunera, Coahuila de Zaragoza*  
**TC1521.3**

En 2014 el IMTA brindó asistencia técnica en la instalación de diez plantas potabilizadoras para remoción de arsénico de fuentes de abastecimiento público en la cabecera municipal y zona rural de Torreón, Coahuila. En 2015, la CONAGUA solicitó al IMTA asistencia técnica para elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de plantas potabilizadoras a pie de pozos en Coahuila para remoción de arsénico, apoyo técnico durante la ejecución de las obras y evaluación de su funcionamiento.

El Instituto elaboró los términos de referencia con los que la CONAGUA lanzó tres convocatorias, cada una para adjudicar la construcción y puesta en marcha de dos plantas potabilizadoras: 1) Licitación LO-016B00018-N2-2015: Pozos Plataneras y Caballo Blanco del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de San Pedro, Coahuila; 2) Licitación LO-016B00018-N3-2015: Pozos Isabeles y Alamito del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Francisco I. Madero, Coahuila, y 3) Licitación LO-016B00018-N4-2015: Pozos San Antonio de los Bravos y 32 (Jumbo) del Sistema de Aguas y Saneamiento del municipio de Torreón, Coahuila. Se brindó apoyo técnico en la revisión y selección de propuestas, así como en la ejecución de las obras.

Se elaboraron proyectos a detalle de tres plantas potabilizadoras para remoción de arsénico con tecnología de filtración directa para los pozos Granada, No.3 y No.4, pertenecientes al Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Matamoros, Coahuila.

Adicionalmente, se elaboraron términos técnicos de referencia para licitación de proyectos a detalle de cuatro plantas potabilizadoras de nanofiltración (pozos Gatho, Santo Niño, Gilita 2 y Venustiano Carranza) y de una planta potabilizadora de filtración directa (pozo La Concha).

### **Resultados principales:**

**Una vez instaladas las plantas potabilizadoras con tecnología de filtración directa para remoción de arsénico, será posible producir agua con calidad potable que podrá usarse para abastecer los municipios de San Pedro, Francisco I. Madero y Torreón, Coahuila. Esta acción resolverá la problemática de calidad del agua que existe en la Región Lagunera, que beneficiará a una población aproximada de 83 400 habitantes.**



**Ejecución de obra en Pozo Alamito, Francisco I. Madero, Coahuila**

- *Ingeniería de detalle, implementación, puesta en marcha e inicio de operación de la infraestructura que permita mejorar el abasto y la calidad del agua en la Región Lagunera, Durango*  
**TC1522.3**

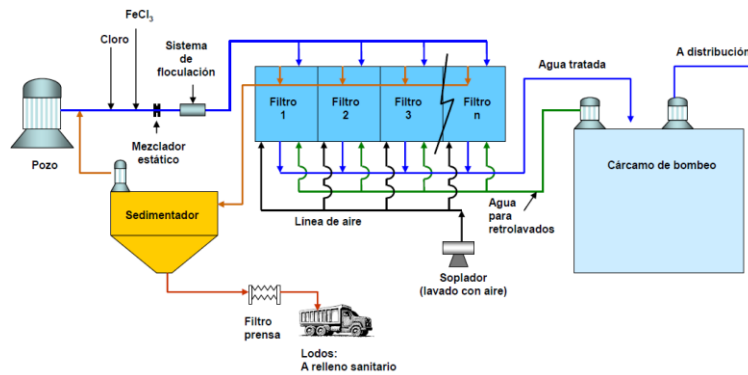
En 2014 el IMTA realizó un estudio de factibilidad técnica para la implementación de plantas potabilizadoras para remoción de arsénico en 21 pozos en Durango, así como la determinación de los esquemas de tratamiento más convenientes, de acuerdo con las condiciones existentes en cada pozo. Además, se proporcionó asistencia técnica durante la construcción y puesta en marcha de dos plantas potabilizadoras del tipo filtración directa en Gómez Palacio, Durango.

En 2015, el Instituto elaboró ocho proyectos ejecutivos de plantas potabilizadoras para remoción de arsénico y apoyó a la CONAGUA en la ejecución y evaluación de dichas obras.

Así, el IMTA elaboró los términos técnicos de referencia para complementar las bases de licitación de los proyectos a detalle de seis plantas potabilizadoras de tipo nanofiltración, filtración directa combinada con nanofiltración y filtración por gravedad, para pozos con problemas de arsénico, dureza, fluoruros y sulfatos.

#### **Resultados principales:**

**Las ocho plantas potabilizadoras con tecnología de filtración directa y nanofiltración, una vez instaladas, producirán agua potable para abastecer a los municipios de Gómez Palacio, Tualillo y San Felipe de Durango. Eliminar del agua arsénico, fluoruros, sulfatos y dureza permitirá reducir los riesgos a la salud por el consumo de agua en la Región Lagunera, para una población estimada de 221 000 habitantes.**



### Esquema general de las plantas de filtración directa para remoción de arsénico

- *Estudio de evaluación para control de la floración de microalgas para restablecer el equilibrio de la red trófica en los embalses artificiales del Bosque de Chapultepec*  
**TC1529.3** (lagos artificiales)

La Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, inaugurada en 1964, aloja obras de infraestructura de alto valor para la Ciudad de México. Por su importancia y trascendencia, el Gobierno Federal, en coordinación con las autoridades locales, han decidido participar en un programa de rehabilitación global del Bosque, que contempla acciones para el manejo integral del agua que favorezcan la sostenibilidad de las actividades del mismo.

El agua que alimenta los embalses artificiales de Chapultepec proviene de la planta de tratamiento de aguas residuales Lomas de Chapultepec (construida en el año 1956). La concentración de nutrientes en el agua tratada, junto con la radiación solar de la zona, provocan la floración de microalgas. Estas algas, debido al limitado caudal que alimenta el embalse, se acumulan ocasionando un aspecto desagradable para los paseantes y una disminución en la calidad del agua, que pone en riesgo la vida acuática del embalse.

Con el objetivo de controlar esta situación, la CONAGUA y el IMTA realizaron estudios de campo y de laboratorio para identificar los métodos más efectivos para mantener un nivel de calidad del agua adecuado a las actividades que ahí se realizan.

A partir de los estudios realizados se comprobó que un tratamiento compuesto por coagulación, floculación y sedimentación, empleando como coagulante polihidroxocloruro de aluminio, logra remociones de color aparente (medido como UPtCo) y turbiedad (medida como UNT) del 96 y 99 %, respectivamente, a partir de valores iniciales en el agua cruda de 1 000-1 100 UPtCo y de 150-170 UNT.

Se concluyó que la construcción de una planta prototipo, dentro del tanque Xochipilli, ubicado a un lado del Lago Mayor de la Segunda Sección del Parque, que trate continuamente agua proveniente del lago y retorne al mismo el agua tratada, disminuirá la concentración de algas.

Por tal motivo, se diseñó una planta clarificadora para un caudal de 50 L/s, que incluye memoria descriptiva, memorias de cálculo, manual de operación, especificaciones de proyecto y catálogo de obra, así como planos constructivos.

### Resultados principales

**La disminución de concentración de algas da calidad del agua, protege la vida acuática de los embalses y brinda atractivo a los paseantes.**



**Situación actual del agua en el tanque Xochipilli, alimentado por el lago mayor de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec**



**Planta piloto para la realización en sitio de pruebas de tratabilidad**

- *Estudio de evaluación para el control de la floración de microalgas para restablecer el equilibrio de la red trófica en los lagos naturales del Bosque de Chapultepec*

#### **TC1530.3** (lagos naturales)

Por su importancia y trascendencia, el Gobierno Federal, en coordinación con las autoridades locales, decidieron participar en un programa de rehabilitación integral del Bosque de Chapultepec, que contempla acciones para el manejo integral del agua, que favorecen la sostenibilidad de las actividades del bosque.

En el 2015 se celebró un convenio de colaboración para efectuar el *Estudio de evaluación para el control de la floración de microalgas para restablecer el equilibrio de la red trófica en los lagos naturales del Bosque de Chapultepec*. En este contexto, la CONAGUA solicitó al IMTA llevar a cabo el estudio con objeto de evaluar los mecanismos para controlar la floración de microalgas en los lagos naturales de la Primera Sección del Bosque de Chapultepec, mediante la implementación de un sistema piloto.

Se monitorearon los parámetros asociados con la problemática de la presencia de algas en los cuerpos de agua, en seis puntos de los lagos naturales, se realizaron pruebas de tratabilidad de clarificación convencional y se obtuvieron parámetros de diseño de la planta piloto, como son: tiempo de retención y gradientes de

mezclado. Igualmente, se determinaron las dosis óptimas de coagulante y floculante y se instaló una planta semipiloto, evaluándose el proceso y encontrando las dosis óptimas in situ. La remoción de algas y turbiedad fue del 95% en forma sostenida, aplicando una dosis de 66 mg/L de policloruro de aluminio y 1.5 mg/L de floculante catiónico.

De igual forma, se desarrolló el proyecto ejecutivo de la conversión de un tanque de almacenamiento en una planta clarificadora, consistente en la instalación de un mezclador rápido, floculador de tres cámaras y sedimentador de alta tasa, con facilidades para extraer y disponer las algas concentradas. Este proyecto será un prototipo para futuras aplicaciones e incluye las memorias funcional, estructural, hidráulica y eléctrica, planos, especificaciones, catálogo de conceptos y presupuesto base.

### Resultados principales:

**El proyecto es prototipo para futuras aplicaciones e incluye las memorias funcional, estructural, hidráulica y eléctrica, planos, especificaciones, catálogo de conceptos y presupuesto base.**

**Esta metodología permitirá instalar una planta piloto que servirá de modelo para resolver problemas similares a los que se presentan en los lagos naturales del Bosque de Chapultepec, en el ámbito nacional e, incluso, internacional.**



Resultados en pruebas de jarras



Instalación de la planta semipiloto

- *Desarrollo y transferencia de tecnología propia para la operación del módulo Santa Rosa, DR075, Valle del Fuerte, Sinaloa RD-1232.3*

El módulo Santa Rosa cuenta con 33 044 hectáreas distribuidas en 12 secciones de riego, con 2 911 usuarios que poseen parcelas de entre 1 a 100 ha. El 28% de la superficie del módulo es propiedad privada, con un promedio de 33 ha por usuario, mientras que el 72% es ejidal, con un promedio de 9 ha por usuario. La superficie cosechada, debido al uso intensivo de la tierra (dobles cultivos), asciende a 39 500 ha. La red de canales tiene una longitud de 301.88 km y la de drenaje 337.23 kilómetros.

En Sinaloa, en el ciclo agrícola otoño-invierno del 2011, fue vaciado todo el sistema colector de vasos de almacenamiento poniendo en riesgo la economía hidroagrícola del granero de México. Ante este escenario, se solicitó al IMTA el desarrollo y validación de tecnología para generar información confiable y oportuna para apoyar acciones y políticas orientadas a mejorar las prácticas de distribución y entrega del agua en parcelas, cuidando la frecuencia, cantidad y duración del riego. Dentro de este contexto, el Instituto desarrolló sistemas informáticos, de captura de datos y transmisión de información, así como para almacenamiento y procesamiento orientado a la generación de reportes y manejo de la operación de zonas de riego. Al sistema desarrollado por el IMTA se le denominó ICAM-Riego (Información de Campo y Administrativa para Módulos de Riego).

Por otra parte, para apoyar la alerta al riego parcelario se instalaron 12 termo-pluviométricas. Para realizar la entrega del servicio de riego medido se instalaron veinte equipos de medición de caudal en parcelas del módulo Santa Rosa (seis equipos de medición con estructuras móviles (AGL) y 14 con compuertas deslizantes). Dichos equipos y estaciones se encuentran funcionando y fueron configurados para enviar los datos de campo al sistema ICAM-Riego; esto con la finalidad de que el módulo pueda obtener información en tiempo real.

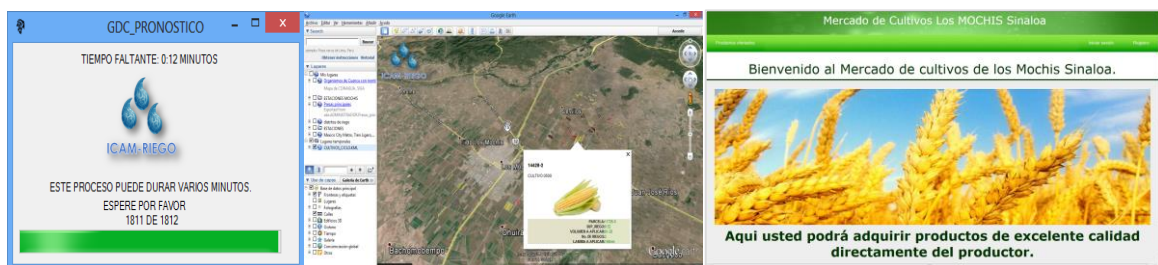
Para aplicar y habilitar este sistema en el módulo, se instaló un servidor con el objetivo de tener la modalidad ICAM-Riego en Internet. Con esta modalidad, los canaeros tienen acceso al *hardware* desde cualquier ubicación, además de que se puede utilizar para recibir y almacenar información de las estaciones termo-pluviométricas y de los equipos de medición. Se cuenta con la programación actualizada de microcontroladores para incluir el cálculo del volumen entregado, así como la telemetría FTP/GSM para llevar la información directamente al servidor del módulo.

También, se creó una página web del módulo (<http://aupasantarosa.ddns.net/>), mediante la cual se lleva el seguimiento y monitoreo de las estaciones termo-pluviométricas en Internet, como servicio al módulo, a la vez que genera el cálculo de días/grado/crecimiento de cultivos en línea.

De igual forma, se desarrolló una primera versión del sistema de mercado para los principales cultivos de la asociación. Esta página permite la oferta de productos y facilita el contacto entre productores y compradores (<http://aupasantarosa.ddns.net/MERCADO/Productos.Php>).

### Resultados principales:

**Con el proyecto se mejora la planificación de la agricultura de riego y se genera un pronóstico de riego en tiempo real o alerta al riego.**



- *Implantación, seguimiento y evaluación en 50 000 hectáreas que se incorporan a riego por gravedad tecnificado en distritos de riego de Sinaloa, Guanajuato y Nayarit*

**RD1431.3, RD1432.3, RD1433.3, RD1434.3, RD1436.3 y RD1437.3**

La crisis del agua ha permeado en el ámbito agrícola, donde el riego parcelario demanda una tecnificación en diferentes niveles; sin embargo, los avances han sido limitados. En México, más del 90 % de la superficie bajo riego se sigue regando por gravedad. Con el apoyo financiero de la CONAGUA y de las asociaciones civiles de usuarios de riego (ACUR) de varios distritos de riego del país, se implantó el proyecto *Riego por gravedad tecnificado* (RIGRAT), que tiene como finalidad mejorar la planeación, diseño y aplicación del riego en el ámbito parcelario.

En el marco del RIGRAT, el IMTA fue responsable de las siguientes actividades en el año agrícola 2014-15: seguimiento del riego parcelario en 50 000 ha en distritos de riego piloto de Sinaloa, Guanajuato y Nayarit; acompañamiento parcelario con 55 técnicos capacitados para el servicio de riego; estimación del uso de agua parcelario detallado en 50 000 ha en términos de lámina de riego, número de riegos y eficiencias de aplicación del riego, y consolidación del servicio de riego parcelario en 41 módulos de riego en nueve distritos de riego piloto de Sinaloa, Guanajuato y Nayarit.

En el año agrícola 2014-2015 se atendieron los distritos de riego: 043 Estado de Nayarit, Nayarit; 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, y 108 Elota-Piaxtla, 109 El Dorado San Lorenzo, 074 Mocorito, 010 Culiacán-Humaya, 063 Guasave, 075 Río Fuerte y 076 Valle del Carrizo, Sinaloa.

### **Resultados principales:**

**Con la mejora en la planeación, diseño, aplicación y seguimiento del riego, en el periodo 2014-2015 se logró un volumen total ahorrado de 10 720 millares de metros cúbicos, que equivale a 2.7 cm de lámina y un incremento del rendimiento del 3 por ciento.**



**Seguimiento durante el ciclo agrícola 2014-2015 en Sinaloa, Guanajuato y Nayarit**



### Seguimiento durante el ciclo agrícola 2014-2015 en Sinaloa, Guanajuato y Nayarit

- *Elaborar un documento de estadísticas agrícolas de los distritos de riego: año agrícola 2014-2015, y brindar servicios profesionales en estadística para mejorar la integración de información de estadísticas agrícolas e hidrométricas de los distritos de riego*

#### **RD 1520.3**

La estadística agrícola e hidrométrica de los distritos de riego es producto de un registro sistemático en el ámbito local, agrupado a diferentes niveles operativos y administrativos, por parte de las asociaciones civiles de usuarios de riego y CONAGUA. Contiene datos sobre la producción agrícola y uso del agua en un año agrícola. Dicha información es la base para la generación de indicadores de desempeño que permiten dar seguimiento a las políticas y programas federales. Sin embargo, las actividades de compilación y análisis estadístico requieren el desarrollo de capacidades técnicas en los distritos y módulos de riego, asociado con la elaboración y formulación de los planes de riego y la estadística agrícola e hidrométrica.

Se actualizaron dos documentos de importancia nacional para el seguimiento, operatividad y toma de decisiones estratégicas en los 86 distritos de riego de México: 1) *Instructivo técnico para la formulación, integración y utilización de las estadísticas en la elaboración de planes de riego en los distritos de riego*, y b) *Instructivo técnico para la formulación e integración de las estadísticas agrícolas e hidrométricas en los distritos de riego*; y se elaboró el documento *Estadísticas agrícolas*.

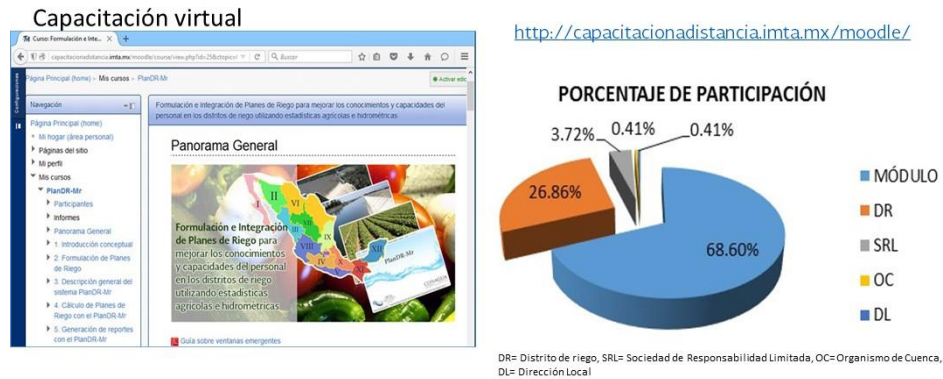
Dada la importancia de contar con personal capacitado en todos los niveles de operación de un distrito de riego, se realizó un taller virtual con la participación de 165 asociaciones civiles de usuarios de riego, 71 distritos de riego, nueve sociedades civiles de responsabilidad limitada, una dirección local y un organismo de cuenca, con un total de 243 participantes, mediante la impartición de 9 720 horas/hombre de capacitación en su modalidad a distancia.

Además se efectuaron cuatro talleres presenciales en los distritos de riego: 005 Delicias, Chihuahua; 011 Alto Río Lerma, Guanajuato; 014 Río Colorado, Baja California, y 075 Río Fuerte, Sinaloa. La experiencia de estos cuatro distritos piloto permitió preparar, de modo práctico y personalizado, a 132 técnicos responsables de la estadística agrícola e hidrométrica para la elaboración de los planes de riego, incluyendo los diferentes niveles operativos de los distritos de riego atendidos.

#### **Resultados principales:**

**Se resuelve la necesidad de que los distritos de riego cuenten con procedimientos actualizados para la elaboración de planes de riego y estadísticas agrícolas e**

hidrométricas, para todos los niveles operativos y dentro del marco legal que norma a estos distritos.



**Plataforma de capacitación virtual y origen de participantes a curso virtual**



**Capacitación presencial a personal de distritos de riego y asociaciones civiles de usuarios**

- *Actualización del proyecto ejecutivo de la sobreelevación del Canal Principal Humaya y presa derivadora Andrew Weiss (tercera etapa)*  
**RD 1516.3**

Entre los compromisos presidenciales 2012-2018, se acordó incrementar la capacidad y apoyar la rehabilitación del Canal Principal Humaya. Esta iniciativa se debe a la necesidad de regar de manera más eficiente una superficie de 150 000 ha en una de las zonas agrícolas más importantes de México, como es Sinaloa. Ante el requerimiento de contar con proyectos ejecutivos para sobreelevar el canal, así como las entradas de agua y estructuras de puentes vehiculares y peatonales, la CONAGUA encargó al IMTA elaborar, revisar y entregar toda la serie de diseños requeridos en el canal.

Al respecto, el Instituto ha realizado las siguientes actividades: recopilación de información de campo, proyectos y estudios previos; levantamiento topográfico a espaciamientos de 20 m; propuestas de alternativas en la sobreelevación de la presa derivadora Andrew Weiss; dictamen de seguridad estructural y análisis hidráulico del túnel El Tecorito; propuesta de reposición de losas y desazolve del canal, y proyectos

ejecutivos para aumentar la capacidad de conducción del canal en tramos estratégicos, así como de estructuras especiales tales como entradas, tomas, sifones y puentes.

Hasta ahora, se han entregado proyectos ejecutivos para la rehabilitación de losas y requerimientos de conservación y desazolves en una longitud de 130 km, adecuaciones en la presa derivadora Andrew Weiss, proyectos de transición en la misma para que pueda tener un gasto de 108 m<sup>3</sup>/s, planos y proyectos de sobreelevación de 60 km del canal, así como proyectos de entradas de agua, sifones y represas.

También, se hizo entrega de proyectos ejecutivos en 60 km de canal, diseños que en tramos cubren la sobreelevación hasta el km 110 + 000, incluyendo sus estructuras que comprenden: seis puentes peatonales; nueve represas; seis puentes vehiculares; 32 desfuegos; 68 tomas laterales; 24 entradas de agua; 18 transiciones, sifones y túnel, así como estudios de sobreelevación de siete diques en su margen izquierda, con inversiones superiores a los 350 millones de pesos, en su conjunto.

### Resultados principales

**La rehabilitación y modernización del Canal Principal Humaya permitirá conducir caudales superiores a los 90 m<sup>3</sup>/s que actualmente permite circular el canal, elevándolos a los 108 m<sup>3</sup>/s hasta llegar a los 120 m<sup>3</sup>/s para así servir adecuadamente las dotaciones hídricas que requiere la producción agrícola del valle de Culiacán Humaya y Mocorito, Sinaloa.**



Sobreelevación y rehabilitación de losas dañadas.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON EL FONDO NACIONAL DE FOMENTO AL TURISMO

- *Proyecto de remineralización y estabilización del agua producto de la planta desalinizadora del Proyecto Turístico Integral Litibú, Nayarit*

**TC1531.3**

El Proyecto Turístico Integral (PTI) Litibú, en Nayarit, cuenta con una planta potabilizadora para abastecer con agua potable al desarrollo turístico. La potabilización consiste en desalinizar el agua de mar bombeada mediante una obra de toma y procesada por ósmosis inversa.

A partir de 2014 se han presentado algunas protestas al Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR) por parte de los usuarios hoteleros del Desarrollo Litibú, debido a que el agua potable entregada por la planta desalinizadora presenta una coloración amarilla.

En 2015, el IMTA realizó una visita técnica a la planta e identificó que el proceso de potabilización carecía de un proceso de remineralización, por lo que el agua producto de la planta, al tener propiedades corrosivas, provocaba que el agua de la red de suministro tuviera elevadas concentraciones de hierro y, por lo tanto, adquiriera una coloración amarilla.

Para atender y resolver la problemática, IMTA evaluó tres técnicas de remineralización para el efluente de la planta desalinizadora, y se determinó que la mejor era la adición de carbonato de calcio y ácido sulfúrico a través de contactores de flujo ascendente. Se obtuvieron los criterios de diseño de los contactores mediante pruebas a escala laboratorio y, posteriormente, se elaboró el proyecto ejecutivo del sistema de remineralización para una capacidad de tratamiento de 40 litros por segundo.

### **Resultados principales:**

**Una vez que se construya el sistema de remineralización, la planta del PTI Litibú producirá agua “químicamente estable” que no provocará problemas de corrosión o incrustación, eliminando a corto plazo la coloración amarilla del agua y evitando así los reclamos por parte de los usuarios hoteleros.**



Pruebas de remineralización en la planta desalinizadora Litibú

## **TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ENTIDADES Y MUNICIPIOS**

### **Colima**

- *Estudio hidrológico e hidrodinámico en la Laguna de Las Garzas, Manzanillo, Colima*  
**HC-1525.3**

El sistema Lagunar de las Garzas-San Pedrito se localiza en la bahía de Manzanillo, Colima. Se comunica al océano a través del canal de entrada del puerto de Manzanillo y éste, a su vez, hacia Las Garzas. La construcción de un terraplén de carretera y un vertedor indujo una separación física entre la laguna de Las



- *Estudio de diagnóstico y planeación integral del organismo descentralizado de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio de Chalco, Estado de México*

### **HC1516.3**

En México, los organismos operadores de los servicios de agua y saneamiento, durante el cumplimiento de sus objetivos, se enfrentan a diversas problemáticas; entre las principales: insuficiencia de recursos económicos; falta de continuidad y planeación a largo plazo; deficiente e ineficiente gestión organizativa (técnica y comercial); marcos jurídico y regulatorio inadecuados; estructuras y niveles tarifarios no acordes con los costos del servicio; politización de acciones, decisiones y programas; baja disposición de pago de los usuarios; endeudamiento excesivo, y rigidez en los esquemas de autorización de tarifas.

Derivado de lo anterior, el Gobierno Federal, a través de la CONAGUA, en coordinación con los otros niveles de gobierno y el sector privado, realizaron inversiones regidas por reglas de operación y disposiciones administrativas incluidas en el Presupuesto de Egresos de la Federación, mediante diferentes programas: Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU); Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS); Programa de Agua Limpia (PAL); Programa para la Modernización de los Organismos Operadores de Agua (Promagua); Programa de Devolución de Derechos (PRODDER); Programa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México; Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR) y el Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (Protar), que les permiten obtener recursos financieros a fin de mejorar su infraestructura, incrementar las coberturas de sus servicios, mejorar su planeación y procesos administrativos.

Atendiendo a las reglas de operación de algunos de estos programas, su aplicación requiere de la elaboración y presentación del denominado Estudio de Planeación Integral (DIP), en el cual radica la importancia del presente proyecto en el municipio de Chalco, Estado de México.

En su desarrollo, se está obteniendo la información base del estudio: recopilación y análisis de la información proporcionada por las diferentes áreas del organismo operador; inspección y caracterización de infraestructura de abastecimiento, almacenamiento y tratamiento; precisión en la medición de sus fuentes o captaciones; consumos per cápita por tipo de usuario; precisión de los aparatos de medición; volumen perdido por fugas de agua en el sistema según muestra, estadística y reportes del organismo; ciento veinte validaciones de lecturas; análisis y discusión de acciones identificadas, según el diagnóstico realizado en algunas áreas del organismos operador; análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) con los diferentes departamentos del organismo y estructura e integración de componentes del informe final.

#### **Resultados principales:**

**Gestión de recursos financieros para acciones del organismo operador; potencial de mejora en infraestructura, planeación y procesos administrativos; análisis y mejora de aspectos institucionales, organizativos, técnicos-operativos, comerciales, contable-financieros, legales y socioeconómicos, y mejora de la medición a niveles micro y macro.**



## Jalisco

- *Actualización del estudio geohidrológico del acuífero Tomatlán (1424)*  
**TH1447.3**

La Comisión Estatal del Agua de Jalisco solicitó al IMTA un estudio para actualizar el balance y disponibilidad del agua subterránea del acuífero Tomatlán (1424), con la finalidad de incluir en el análisis un área no caracterizada del acuífero y, en su caso, modificar el balance y disponibilidad mencionados.

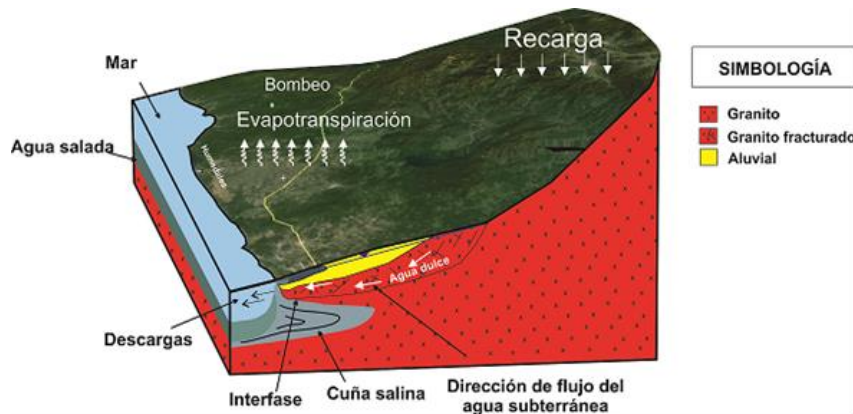
Se llevó a cabo una revisión de los estudios previos de la zona y una definición de las unidades hidroestratigráficas de la región; se procedió a realizar el censo de aprovechamientos, exploración geofísica y pruebas de bombeo; se hizo una integración hidrogeológica para determinar el balance de aguas subterráneas y se procedió a hacer el cálculo de la disponibilidad.

El acuífero de Tomatlán es de tipo libre y se encuentra alojado en materiales de aluviales y material fracturado.

Mediante la aplicación de la ecuación de balance, se obtuvo una recarga media anual para el acuífero del orden de 154.36746 hm<sup>3</sup>/año, y existe una disponibilidad de 45.944137 hectómetros cúbicos al año.

## Principales resultados

**Se recomienda conservar un volumen de 90.168 hm<sup>3</sup>/año de descargas naturales comprometidas, a fin de mantener el equilibrio de la cuña de agua salada y el acuífero. Asimismo, es conveniente proteger el volumen de descarga de manantiales y, al menos, el 50% de la evapotranspiración que da sustento a la vegetación natural.**



**Modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico del acuífero de Tomatlán**

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES

- *Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores*  
**HC1507.1**

Desde 2005, el IMTA evalúa el desempeño de organismos operadores de agua potable y saneamiento (OOPAS), a fin de identificar y promover acciones para su mejora que les permitan proporcionar un mejor servicio a los usuarios, garantizar su fiabilidad operativa, aumentar su rentabilidad y ayudarles a conservar el recurso agua.

Para ello, el Instituto definió inicialmente 15 indicadores de evaluación, que durante 2005 fueron aplicados a cincuenta OOPAS y, para 2014, se contó con la participación de 155, a quienes se aplicó una batería de 28 indicadores de evaluación.

Para el 2015 se esperaba contar con información de, al menos, 115 organismos para el cálculo de sus indicadores y así poder obtener las tendencias de la situación que guardan los OOPAS, tanto de su evolución particular como de su posición respecto a los demás.

A partir de los indicadores de gestión publicados, cada OOPAS puede diseñar políticas públicas de cobertura del servicio y realizar acciones de mejora o prevención que en el siguiente ejercicio sean verificables. La información de evaluación del desempeño de organismos operadores se publica periódicamente en la página web: [www.pigoo.gob.mx](http://www.pigoo.gob.mx), donde puede ser consultada.

En 2014 se logró la participación de 160 OOPAS, con un promedio de indicadores calculados de 48%; estos organismos dan servicio al 48% de la población reportada por el Consejo Nacional de Población (57 371 435 habitantes).

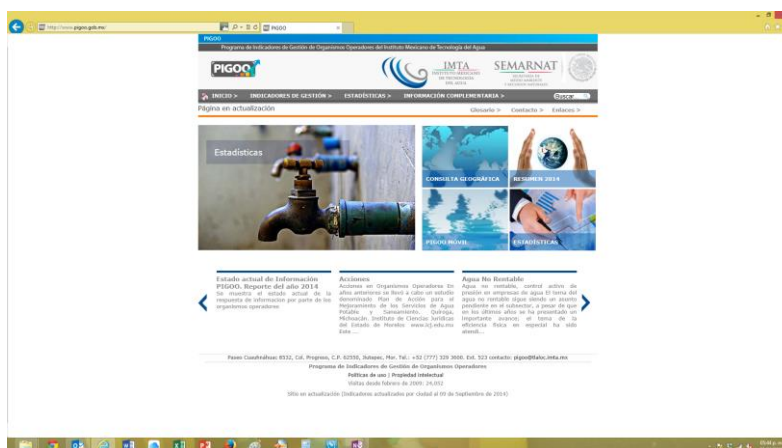
Se invitó a participar a un total de 242 organismos operadores y 27 comisiones estatales.

Al mes de mayo de 2015 se tenía respuesta de 57 organismos operadores. La información proporcionada por estos organismos operadores está en proceso de análisis.

## Resultados principales:

Con los resultados de este proyecto, cada organismo operador puede diseñar políticas públicas de cobertura de servicio y acciones de mejora o prevención que, en el siguiente ejercicio, sean verificables.

Para el Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y el Programa Nacional Hídrico (2014-2018) es importante dar seguimiento a los avances del subsector agua potable y saneamiento, en especial de cobertura de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, siendo este el objetivo principal del proyecto.



Página PIGOO.

- *Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores*  
**HC1232.4**

El proyecto surge en 2012, como resultado de una solicitud que la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA) hace al IMTA con la finalidad de realizar un sistema de información específico sobre el cobro-pago del agua, tanto para organismos operadores del agua (OO) como para distritos de riego (DR), con miras al incremento de las eficiencias comercial y de cobro que permitiera establecer una política de *benchmarking* entre los organismos involucrados, a través de estímulos económicos o en especie y otorgados a los mejores en ello.

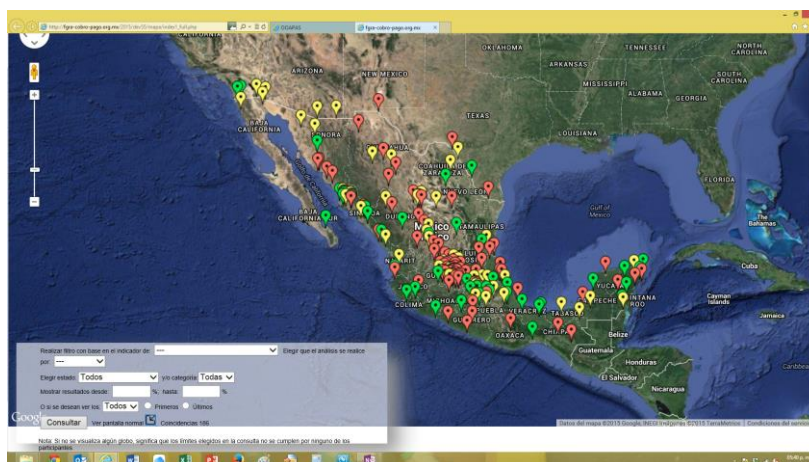
Es así que se establecieron parámetros. En los OO se plantearon seis indicadores de desempeño: tres asociados al esquema hidráulico y operativo de los sistemas de agua potable (eficiencia física, comercial y global); y otros tres comerciales, los cuales están asociados a la autosuficiencia, eficiencia de facturación y eficiencia de cobro. Además del valor en cada uno de los seis indicadores, se calcula, con base en la información de estos en los últimos tres años, su tendencia respectiva.

En cuanto a los DR, se consideraron dos tipos de indicador: hidráulico (productividad hídrica y producto medio por metro cúbico), y comerciales (autosuficiencia financiera total y parcial).

El proyecto concluyó en su primera etapa (edición 2013-2015) el mes de marzo y está en proceso la segunda etapa (2015-2018).

## Resultados principales:

A partir de los resultados obtenidos, la FGRA cuenta con una herramienta que permite la elección de los OO y los DR que mejor comportamiento hayan presentado para, con ello, elegir a quiénes premiar por su esfuerzo. Por su parte, la sociedad tiene la posibilidad de ver el comportamiento de los indicadores presentados por cada una de las instituciones participantes (hasta la edición 2015).



Organismos operadores participantes en 2015

- *Acciones de eficiencia de los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento (OOAPAS) ribereños HC1425.4*

Como parte del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, en su cuarta etapa (2014-2017), el IMTA lleva a cabo una serie de acciones complementarias a las realizadas en etapas anteriores en los OOAPAS de las localidades de Pátzcuaro, Quiroga, Erongarícuaro y Tzintzuntzan, con la finalidad de fortalecerlos institucionalmente, al complementar y rehabilitar infraestructura de la red de distribución de agua potable y alcantarillado sanitario.

En 2015, el Instituto rehabilitó tres tanques de almacenamiento/distribución, a fin de recuperar agua por fuga que se pierde a causa de fisuras en la infraestructura: dos tanques elevados metálicos en Pátzcuaro y un tanque de mampostería en Erongarícuaro.

También, se realizó el suministro de 2 600 válvulas limitadoras de caudal (multicierre antifraude) a fin de apoyar la cobranza y reducir el número de usuarios morosos. Con ello, se asegura incrementar la recaudación y capacidad económica para mejorar los servicios que prestan los organismos de Quiroga y Tzintzuntzan; y de 1 600 válvulas para el OOAPASQ y 1 000 válvulas para el OOAPAS, mismas que fueron instaladas en su totalidad por los propios organismos.

Asimismo, se elaboraron 21 proyectos de rehabilitación y ampliación para los servicios de agua potable y drenaje para los cuatro organismos. Dichos proyectos fueron revisados en enero de 2015 por la Comisión Estatal de Aguas y Gestión de Cuencas del Estado de Michoacán (CEAC) y recomendaron cumplir con ciertos requisitos para estar en condiciones de integrarlos al Programa Operativo Anual.

Al mes de junio del 2015 se tenían atendidas las observaciones de los 21 proyectos, por lo que se estaba en condiciones para exponerlos nuevamente y, si era el caso, integrarlos a los programas federalizados.

### Resultados principales:

El impacto social es de gran relevancia, puesto que se atienden problemas de salud provocados por la falta de infraestructura hidráulica y recursos insuficientes para brindar un mantenimiento adecuado, o bien, a la conclusión de la vida útil de la infraestructura.



Rehabilitación de tanques (metálico y mampostería) con VITROACERO®

- *Supervisión de avance de acciones del Programa de Modernización de Áreas Comerciales de los Organismos Operadores de Lerma, Metepec, Chalco, Loreto y Los Cabos*  
**HC1461.3**

A partir de 2009, BANOBRAS inició la operación del Programa de Modernización de las Áreas Comerciales de Organismos Operadores de Agua Potable (PMCOOA), con el objetivo principal de fortalecer los ingresos propios municipales a través de incrementar la recaudación de los derechos por consumo de agua, mediante la actualización del padrón de contribuyentes y mejoramiento de la eficiencia del Área Comercial.

El IMTA contribuye con asistencia técnica en el PMCOOA. De acuerdo con el Convenio Marco, BANOBRAS solicitó al IMTA el inicio de supervisión de las acciones autorizadas por el Comité Técnico de Fondo de Apoyo a Municipios a los Organismos Operadores de Agua Loreto y Los Cabos, Baja California Sur, y Lerma y Chalco, Estado de México.

Como resultados se tiene: explotación de capacidades del Sistema Comercial; fortalecimiento y actualización de las funciones del personal de la Dirección de Comercialización; determinación de características de micromedidores adecuados para la ciudad o municipio y verificación de calidad para su adquisición, asesoría técnica en la conformación de las Bases de Licitación y durante el proceso; reingeniería para el levantamiento de lecturas de medidores de consumo; rediseño de procesos de captura, validación y procesamiento de lectura de medidores; implementación de un sistema de control de pérdidas aparentes que garantice la facturación del 100% de los consumos generados; reducción de rezago; fortalecimiento de capacidades de cobro del organismo; diseño de un programa de capacitación para el personal técnico y operativo; cambio de micromedidores de consumo, y mejora de la señalización e información dada a usuarios en oficinas de recaudación.

### Resultados principales:

La supervisión de avance en acciones del PMCOOA de Lerma, Metepec, Chalco, Loreto y Los Cabos, se realiza de acuerdo con la Guía de Supervisión y Emisión de Dictamen Técnico de cumplimiento de proyectos de modernización del área comercial de organismos operadores de agua, con cargo al patrimonio del fondo de apoyo a municipios. Las actividades a verificar son diferentes para cada organismo

**operador y dependen de los alcances que se hayan definido y autorizado dentro del Proyecto Ejecutivo correspondiente.**



**Modernización de áreas para atención de usuarios.**

- *Coordinación técnica del Programa para la Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán*  
**HC-1328.4**

Derivado del Plan Rector en Materia de Agua para la Protección, Conservación y Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán. Diagnóstico e Identificación de Retos y Problemas, Estrategias, Objetivos, Acciones y Proyectos Prioritarios, se cuenta con un Plan Estratégico consensuado para la recuperación ambiental de la península de Yucatán que considera el agua como elemento central.

Con la aprobación del Programa para la Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán, se da inicio a las acciones emanadas del Plan Rector en su primera etapa. Mediante la Coordinación Técnica se dará seguimiento físico, técnico y administrativo a los diversos proyectos y programas emanados del plan, para poder condensar las acciones comprometidas y dar difusión sobre los avances y resultados del programa, generando así los instrumentos que permitan hacer una evaluación sobre el impacto del mismo en el entorno.

Durante 2015 se realizaron actividades relacionadas con el fortalecimiento institucional de las organizaciones que transfieren tecnologías apropiadas en la península de Yucatán, para lo cual se impartió el *Taller humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales* y se llevó a cabo la revisión técnica de proyectos comunitarios en escuelas y centros comunitarios, los cuales consideran la captación de agua de lluvia y el saneamiento con humedales artificiales, además de opciones productivas por medio de invernaderos.

Se realizó la actualización del Plan Rector, actividad aprobada en el marco del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán (CCPY) en 2014. Como resultado de la revisión del estatus de la ejecución de las acciones 2011, se ejecutaron 612 proyectos, 821 no se ejecutaron, 216 proyectos se encuentran en proceso de ejecución y de 470 no se tiene información. De las acciones no ejecutadas, tanto los municipios como las dependencias y organizaciones, solicitaron que 564 fichas de proyectos fueran actualizadas y permanecieran en el Plan Rector. En total, se identificaron 2 112 acciones –las fichas actualizadas más las 1 548 fichas de proyecto recabadas durante las reuniones–, las cuales fueron sometidas a un proceso de consenso y validación. Así, resultó que las fichas de proyecto a incluir en el Plan rector 2015-2024 quedarán en 2 024 acciones distribuidas de la siguiente manera: 332 en Campeche, 459 en Quintana Roo, 1 178 en Yucatán y 55 en el ámbito peninsular. En prioridad 1, se tienen 206; en prioridad 2, 1 089 y en prioridad 3, 729. El monto total estimado para realizar estas acciones asciende a 47 331 millones de pesos.

Como parte de la vinculación interinstitucional, se continúa la difusión del programa en reuniones con órganos auxiliares y funcionales del CCPY; además de apoyar acciones de cultura del agua, elaboración de materiales de difusión y logística de reuniones.

### Resultados principales:

**Fortalecimiento institucional de las organizaciones que transfieren tecnologías apropiadas en la península de Yucatán, actualización del Plan Rector y vinculación interinstitucional.**

- *Abastecimiento por captación de la precipitación pluvial en una comunidad indígena autogobernada de Michoacán*  
**HC1429.4**

Debido a los altos costos que representa el pago de energía eléctrica en el bombeo de agua para el suministro de agua dentro de la comunidad de Cherán, Michoacán, se consideró necesaria la búsqueda de alternativas autosustentables. Por ello, se evaluó instalar un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL), el cual estaría integrado por: una área de captación de 20 000 m<sup>2</sup>, un sedimentador, una hoya de almacenamiento de agua con un volumen de 19 700 m<sup>3</sup>, una línea de tubería que conduciría el agua de la hoya de almacenamiento al tanque de regularización, y de este se derivaría una toma alterna para alimentar una planta purificadora que generaría una producción aproximada de 1 000 garrafones diarios de agua para consumo humano.

La instalación del sistema de captación de agua de lluvia se realizó con la aportación de la Fundación Gonzalo Río Arronte para el suministro de todos los materiales requeridos; el municipio de Cherán participó con la mano de obra, terreno, maquinaria y materiales pétreos, y el IMTA, con la parte técnica del desarrollo del proyecto, la supervisión durante la instalación, el arranque y capacitación.

El sistema de captación incluye los siguientes elementos: área de captación impermeabilizada; canales para filtración de sólidos; hoya de almacenamiento de agua de lluvia impermeabilizada con geomembrana de polietileno de alta densidad, cubierta flotante de geomembrana de policloruro de vinilo (PVC) y sistema de drenado en la tapa con bombas accionadas por energía solar; línea de conducción de la hoya a la planta purificadora, y caseta con planta purificadora e insumos para la producción de los garrafones.

### Resultados principales:

**Se cuenta con un Sistema de Captación de Agua de Lluvia autosustentable dentro de la comunidad de Cherán.**



**Sistema de captación de agua de lluvia en Cherán, Michoacán**

- *Seguimiento, transferencia y rehabilitación de humedales artificiales. proyecto HC-1424.4*

En el marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se instalaron seis humedales artificiales en cuatro municipios de la cuenca: Cucuchucho, Tzintzuntzan; Santa Fe de La Laguna, La Esmeralda y San Francisco Uricho, Erongarícuaro, y San Jerónimo Purenchécuaro, en el municipio de Quiroga.

El sistema consiste de una combinación de procesos naturales, lagunas de estabilización (excepto San Francisco Uricho y San Jerónimo Purenchécuaro D1 y D2) y humedales, que por su sencilla operación y altas eficiencias obtenidas de remoción de contaminantes representan una alternativa viable de solución al vertido directo de las aguas negras hacia el lago de Pátzcuaro.

En 2015 se realizaron trabajos de operación y mantenimiento de los humedales de San Jerónimo Purenchécuaro Descarga 1 y 2, a través de tareas como la poda de la vegetación, extracción de malezas invasoras, mantenimiento a la infraestructura, limpieza de tuberías, así como trabajos de rehabilitación en el humedal La Esmeralda.

Igualmente, se actualizaron los costos de los proyectos ejecutivos para la rehabilitación de los humedales de Cucuchucho, La Esmeralda y Santa Fe de la Laguna, y se elaboró el Proyecto Ejecutivo para rehabilitar el humedal de San Francisco Uricho, el cual será entregado al municipio en enero de 2016.

### **Resultados principales**

**Estos sistemas han demostrado una buena aceptación por parte de la población, debido a sus bajos costos de operación y mantenimiento pero, sobre todo, a la eficiencia de remoción de contaminantes. Gracias a los humedales instalados se han cumplido los estándares establecidos en las normas para protección de la vida acuática.**



**Trabajos de mantenimiento, San Jerónimo Purenchécuaro D1**

- *Análisis ecológico de la comunidad de macroinvertebrados de los ríos Bacanuchi y Sonora, Sonora*  
**TC1506.3**

En agosto de 2014 hubo un derrame de sulfato de cobre acidulado en el arroyo Tinajas, en Cananea, Sonora, proveniente de la minera Buenavista del Cobre. En este proyecto se evaluó el efecto ecológico provocado sobre el ecosistema fluvial y se hizo un muestreo tanto en la cuenca impactada como en las paralelas (referencia), para conocer el estado de salud mediante bioindicadores bentónicos (macroinvertebrados).

Los resultados mostraron una comunidad conformada por seis familias, diez clases, veinte órdenes y 67 familias de macroinvertebrados. La calidad del agua es: "Regular" (contaminación poco significativa) en la localidad de Bacuachi; "Buena" (contaminación poco aparente) para las localidades de arroyo Horcasitas y Cuitaca, y "Muy Buena" (contaminación ligera) en las localidades El Gavilán, Mazocahui, La Capilla, Aconchi, San Miguel, Rayón, Chinapa, Tahuichopa, Tatoachi, La Trampa y Bacanuhi, siendo estas dos últimas las localidades donde se recibió el derrame de sulfato de cobre.

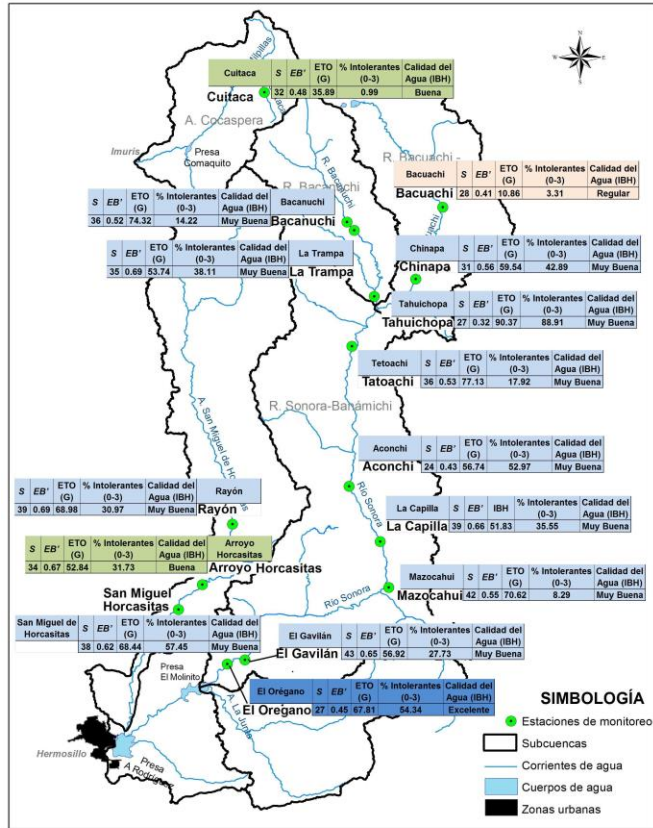
La calidad de agua "Excelente" (sin contaminación aparente) se presentó en la localidad El Orégano, ubicada en la última sección del río Sonora, previa a la presa El Molinito.

La cuenca del río Sonora se encuentra en muy buen estado de salud ecológica, con excepción de la localidad Sinoquipe, cuya casi única familia *Simuliidae* (diptera), la hace diferente; presenta un índice de diversidad muy bajo,

Finalmente, es difícil comparar e integrar al análisis la localidad de la presa El Molinito, ya que es un ambiente léntico, lo cual da una composición ecológica diferente, ya que se encuentra dominada por oligoquetos, que no forman parte de los insectos acuáticos.

#### **Resultados principales:**

**Hay poca afectación en la estructura de la comunidad bentónica, lo cual puede explicarse con base en los análisis de comportamiento hidrológico, a la posible dilución del contaminante y a la distancia máxima alcanzada sobre la cuenca. Asimismo, se evaluará la bioacumulación y toxicidad en macroinvertebrados y el grado de afectación sobre la red trófica.**



### Calidad del agua basada en bioindicadores, río Sonora



Muestreo sobre material producto de descargas orgánicas

### 3. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

- *Operación de los programas de posgrado del IMTA*  
**DP1507.1**

Desde la creación del IMTA en 1986, se consideró que uno de sus objetivos principales era la formación de recursos humanos altamente calificados, lo cual se sustentó con la firma de un convenio de colaboración con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para abrir los programas de maestría y doctorado en Ingeniería Civil/Hidráulica e Ingeniería Ambiental/Agua. La evolución de este convenio se consolidó en el 2015, con el reconocimiento del IMTA como una entidad académica participante en el Posgrado de Ingeniería de la UNAM, que lo ubicó académicamente en el mismo nivel que la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Ingeniería e, incluso, el Instituto de Energías Renovables. Con este reconocimiento, el Instituto tiene voz y voto en el Consejo de Posgrado de Ingeniería y en los subcomités del Campo del Conocimiento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Aunado a lo anterior, con el cambio del IMTA a organismo público descentralizado y posteriormente a Centro Público de Investigación, se asignó la encomienda de impartir educación superior y otorgar títulos académicos con validez oficial. Esto se ha capitalizado con la creación de los programas académicos de Ciencia y Tecnología del Agua en modalidad de investigación presencial y el de Ciencias del Agua en modalidad a distancia.

Los diferentes programas de posgrado que tiene el IMTA, así como en colaboración con otras instituciones, constituyen el principal punto de formación de personal altamente capacitado que necesita el sector hídrico del país. Este proceso es una actividad que el Instituto ha realizado desde su creación, en primera instancia, con la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde investigadores del IMTA participan como profesores y tutores en los programas de maestría y doctorado en Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Estos programas son parte del reconocimiento por parte del Posgrado en Ingeniería de la UNAM al IMTA como entidad académica participante.

En la Dirección General de Profesiones se entregó la carpeta de registro del diseño curricular de la maestría en Ciencias y Tecnología del Agua (2014) y también se entregó la nueva papelería del posgrado; se llevaron a cabo dos exámenes de grado de maestría y se efectuó la primera sesión de Consejo de Posgrado, con los siguientes acuerdos: conformación de los comités académicos y conformación de los núcleos básicos del posgrado.

En el fondo de investigación Conagua-Conacyt, se modificó la forma de seguimiento a los estudiantes y comités de evaluación en el Posgrado IMTA. Esto favoreció los procesos de titulación de dos estudiantes de la maestría en Ciencias del Agua, Área de concentración: Gestión Integral del Agua de Cuencas y Acuíferos, y las evaluaciones puntuales de los estudiantes del doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua: Seminario de Investigación (SID) II (Cuarta Generación, 2014-2016) y VII (Tercera Generación, 2013-2015) y Examen Predoctoral, además de contar con formatos de encuesta a recién egresados para evaluar la calidad y pertinencia del programa semipresencial.

Los resultados de estas medidas se observan de forma tangible en 2015. Ha aumentado la planta docente, de manera que hoy en día el Posgrado cuenta con 46 profesores como tutores, de los que 39 imparten clases. En total, hubo 64 asignaturas curriculares y 15 cursos extracurriculares, lo que suma 18 983 horas de clase; esto representa un incremento del 21% respecto al 2014. La demanda estudiantil es de 71 estudiantes, 43 de ellos en maestría, 27 en doctorado y uno en posdoctorado.

Asimismo, el posgrado aumentó su eficiencia terminal de 60 a 65% en el periodo 2014-2015, con la graduación de 28 alumnos de maestría y tres de doctorado. Esta cantidad representa un 23% de todos los graduados en los últimos nueve años.

Esta nueva forma operativa del posgrado, sustentada en el Reglamento de Posgrado, contempla que los comités académicos sean corresponsables en el seguimiento de planes y programas de estudio, que promuevan las nuevas convocatorias de ingreso y cuiden la eficiencia terminal.

**Resultados principales:**

Los diferentes programas de posgrado que tiene el IMTA, así como en colaboración con otras instituciones, constituyen el principal punto de formación de personal altamente capacitado que necesita el sector hídrico del país. Este proceso es una actividad que el Instituto ha realizado desde su creación, en primera instancia, con la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde investigadores del IMTA participan como profesores y tutores en los programas de maestría y doctorado en Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Estos programas son parte del reconocimiento por parte del Posgrado en Ingeniería de la UNAM al IMTA como entidad académica participante.



Alumnos de los posgrados del IMTA en los programas: Ingeniería Civil/Hidráulica, Ingeniería Ambiental/Agua y Ciencias y Tecnología del Agua



Oferta educativa del posgrado

- *Programa de Educación Continua y a Distancia*  
**DP1509.1**

El IMTA tiene amplia experiencia en la formación presencial. Sin embargo, hoy en día el acceso a las Tecnologías de la Información y de la Comunicación impulsa la educación a distancia. Por ello, el Instituto la impulsa por los beneficios potenciales que presenta: rentabilidad, cobertura y accesibilidad, mayor demanda del personal profesional del sector, combinación con sistemas presenciales (*b-learning*), disposición de múltiples recursos multimedia para el aprendizaje y mayor posicionamiento del IMTA como centro formador, entre otras. En atención a dichas necesidades, durante el 2015 se mejoró el diseño, se validaron seis cursos a distancia y se seleccionaron los temas para un diplomado en Operación de Plantas de Tratamiento.

Se diseñaron cinco cursos de capacitación a distancia. Del análisis de la demanda de capacitación en los últimos años, se determinó que la temática sobre aguas residuales era la más requerida, por lo cual se consideró desarrollar cursos en esa temática e integrarlos a un diplomado en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, bajo un esquema de educación continua.

A la fecha, se cuenta con la edición de tres de los cinco cursos que lo integrarán. Los cursos-módulos editados son: *Introducción a la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales*, *Procesos de tratamiento de agua residual* y *Operación y control de las plantas de tratamiento de aguas residuales*.

Adicionalmente, se tiene el diseño, edición, validación y puesta en venta de los siguientes seis cursos a distancia: *Simulación de redes de distribución de agua potable con EPANET*, *Diagnóstico de pozos de agua*, *Modelación unidimensional de ríos con HEC-RAS*, *Modelación del escurrimiento en cuencas con HEC-HMS*, *Sistemas de información geográfica aplicados a los recursos hídricos con ArcGis* y *Operación y procesos unitarios en plantas potabilizadoras*.

Estos cursos formarán parte del Programa Anual de Educación a Distancia 2016, disponible en el sitio <http://www.imta.edu.mx/index.php/educacion-continua/educacion-a-distancia>.

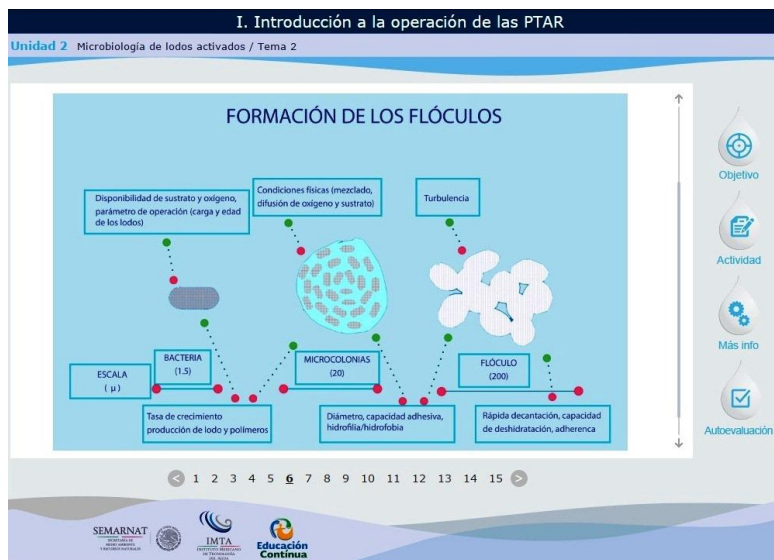
Por otra parte, se diseñó e impartió el curso a distancia: *Formulación e integración de planes de riego en los distritos y módulos riego, con apoyo del sistema informático Plan DR-MR*, con duración de 40 horas y la participación de 243 personas, de las cuales 156 obtuvieron constancia con calificación aprobatoria.

### **Resultados principales:**

**El IMTA plantea una manera diferente de conceptualizar, sistematizar, planear, organizar, evaluar e innovar en los diferentes programas de formación presencial y a distancia. Este proyecto impulsa las políticas que deberán seguir las diferentes áreas del Instituto que oferten capacitación. Con ello, se busca que la oferta de capacitación que ofrece el IMTA sea estandarizada, tenga un alto valor de calidad, ofrezca un enfoque hacia la productividad del sector, de acuerdo con las expectativas que el cliente tiene de la Institución.**



Sitio web de educación a distancia (<http://capacitacionadistancia.imta.mx>)



### Desarrollo de interfaz gráfica y contenidos

- *Servicios de asesoría, consultoría y formación de recursos humanos*  
**DP1518.3**

El IMTA ofrece capacitación al sector hídrico. Para este fin, cuenta con un equipo interdisciplinario de trescientos especialistas con nivel de posgrado en sus diferentes áreas técnicas. En función de lo anterior, el Instituto define el Programa Anual de Educación Continua (PAEC).

En 2015 se celebraron 29 cursos de capacitación con 509 participantes y un total de 20 529 horas/hombre, de las cuales 3 200 correspondieron a cursos del programa abierto, 4 328 a cursos contratados o convenidos con empresas o entidades del sector, 1 671 a cursos abiertos adicionales, 1 600 al seminario de potabilización, 8 640 al diplomado en Modelación Hidrológica e Hidráulica y 1 090 a cursos para empleados del propio Instituto.

### **Resultados principales:**

**La formación de recursos humanos calificados tiene como consecuencia una mejor atención y solución a los problemas del sector hídrico, mediante la utilización de nuevas tecnologías y nuevas metodologías de trabajo.**

- *Fortalecimiento de la capacidad institucional para la atención y registro de solicitudes de los usuarios de aguas nacionales y calificación e inicio de procedimientos administrativos*  
**DP1540.3, DP1522.3 y DP1542.3**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 27, dispone que las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes son propiedad de la nación, y que su explotación, uso o aprovechamiento se realizará a través de concesiones, de acuerdo con las reglas y condiciones establecidas en la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento.

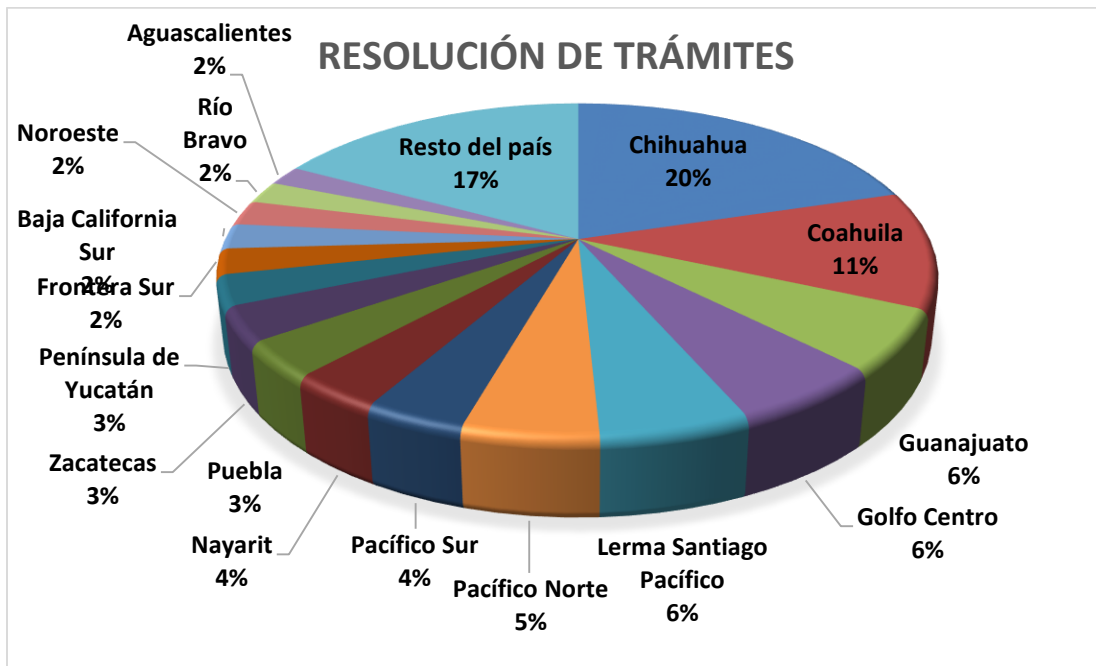
México cuenta con un sistema de concesiones y asignaciones de agua superficial y subterránea regidos por la LAN. Sin embargo, los esfuerzos para administrar los recursos hídricos del país por parte de la CONAGUA han sido insuficientes, en virtud de que no se han consolidado los mecanismos e instrumentos para implementar eficazmente las políticas públicas en materia de agua y se tiene una demanda de trámites de tal magnitud que ha rebasado la capacidad de dicha institución.

Con el fin de apoyar a la CONAGUA en la atención de trámites de los usuarios de aguas nacionales pendientes de resolver, en cada una de las unidades administrativas de la Comisión (centralizado, organismos de cuenca y direcciones locales), el IMTA realizó las siguientes acciones:

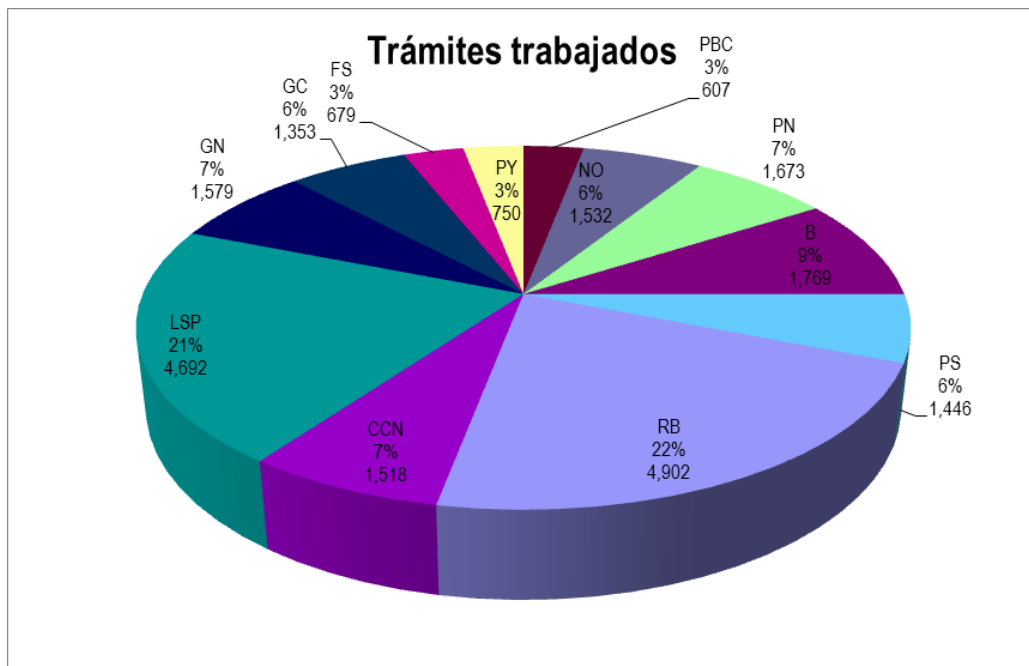
- Se elaboraron 37 398 proyectos de resolución, resolución-título o título de concesión de trámites de aguas nacionales pendientes de resolver y titular, así como aquellos trámites de usuarios de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.
- Se elaboraron 22 500 proyectos de asientos registrales de asuntos, que incluyó el análisis y determinación de la procedencia de las solicitudes de inscripción y la elaboración del proyecto de inscripción (hoja y sello de registro). Los proyectos fueron presentados a los Directores del Registro Público de Derechos de Agua de los organismos de cuenca y, posteriormente, pasaron a firma del registrador y elaboración de las respuestas a la autoridad solicitante.
- Se generaron 1 510 proyectos del proceso de calificación de actas de visitas y resolución a los inicios de procedimiento administrativo, que consideró acuerdos de conclusión de visitas, inicios de procedimientos administrativos o resoluciones administrativas mediante el análisis y determinación si existía o no, en cada caso, una posible infracción a la LAN. Para el caso negativo, se elaboraron los correspondientes proyectos de acuerdos de conclusión de visitas o lo que en su caso resultó procedente, y se elaboraron los respectivos proyectos de inicios de procedimientos administrativos. Para los inicios de procedimientos pendientes de resolver, se emitieron los proyectos de resoluciones administrativas.

### **Resultados principales:**

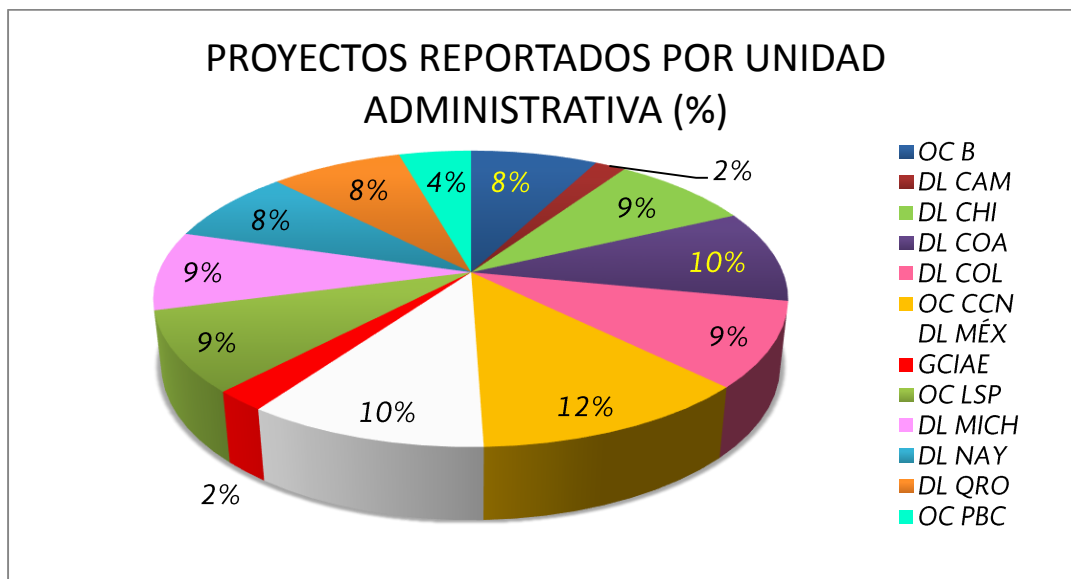
**Con el desarrollo del proyecto se fortalecen y consolidan los mecanismos e instrumentos para implementar eficazmente las políticas públicas en materia de agua.**



Resultado de elaboración de proyectos de resolución, resolución-título o título de concesión de trámites de aguas nacionales



Resultado de proyectos de asientos registrales de asuntos relacionados con el Registro Público de Derechos de Agua, en los organismos de cuenca del país



**Resultado de elaboración de proyectos del proceso de calificación de actas de visitas y resolución a los inicios de procedimiento administrativo**

- *Cursos técnicos hídricos 2015 para formación de los servidores públicos de la CONAGUA, en los ámbitos nacional y regional hidrológico administrativo*  
**DP1535.3**

Cada año la CONAGUA realiza un Diagnóstico de Necesidades de Capacitación para el mejoramiento y ejecución de sus actividades técnicas y operativas. A partir del diagnóstico se conforma el Programa Anual de Capacitación (PAC), que contiene los temas de capacitación sustantivos en los especialistas de cada una de las áreas técnicas operativas de la Comisión.

Atendiendo a esas necesidades, desde hace varios años el IMTA ha colaborado en la ejecución del PAC: en 2011, se impartieron nueve cursos; en 2012, 23 cursos agrupados en 15 temas; en 2013, se impartieron diez cursos en ocho temas y, en 2014, se impartieron 18 cursos.

En 2015 se realizaron 18 cursos para 353 participantes, resultando un total de 11 064 horas hombre.

**Resultados principales:**

**Los temas principales diseñados específicamente para la CONAGUA se refieren a ingeniería hidráulica, tratamiento y calidad del agua, riego e hidrología, entre otros. También, se apoya la profesionalización de especialistas técnicos mediante la capacitación. En los cursos impartidos se combinan conocimientos, actividades prácticas y visitas guiadas.**

## Resultados del Programa Anual de Capacitación CONAGUA 2015

Núm.	Curso	Sede	Periodo	Duración	Participantes	Evaluación
1	Actualización de aforadores (hidrometría ultrasónica)	Morelos	8 al 10 de julio	24	35	9.67
2	Administración y operación de distritos de riego	Chihuahua, Chihuahua	7-10 de julio	32	21	9.75
3	Atención a usuarios de entidades administradoras de agua	Zacatecas, Zacatecas	21-23 de julio	24	22	9.73
4	Hidráulica básica de canales	Distrito Federal	21-23 Julio	24	8	9.69
5	Análisis físicoquímicos en muestras de agua para las NOM-001-SEMARNAT-1996	Morelos	3-7 de agosto	40	6	9.75
6	Hidrología de superficie básica	Distrito Federal	5-7 de agosto	24	14	9.76
7	AutoCAD aplicado a proyectos hídricos (nivel intermedio V.2015)	Puebla, Puebla	10-12 de agosto	24	14	9.68
8	Topografía con GPS y estación total	Distrito Federal	11-14 de agosto	32	21	9.71
9	Alternativas de tratamiento para aguas residuales	Distrito Federal	17-21 agosto	40	26	9.66
10	Modelación del escurrimiento en cuencas con HEC-HMS, nivel intermedio	Distrito Federal	12-14 de agosto	24	17	9.60
11	ArcGIS aplicado al sector hídrico. Nivel avanzado Ver. 10.2	Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	17-21 de agosto	40	20	9.63
12	Operación de plantas de tratamiento de lodos	Morelos	24-28 de agosto	40	17	9.57
13	Topografía con GPS y estación total	Distrito Federal	25-28 de agosto	32	21	9.75
14	Actualización de aforadores (uso de molinete)	Ciudad Valles, San Luis Potosí	25-27 de agosto	24	29	9.07
15	ARC GIS aplicado al sector hídrico. Nivel intermedio Ver. 10.2	Pachuca, Hidalgo	31 agosto-4 septiembre	40	21	9.77
16	Climatología y meteorología	Chihuahua Chihuahua	31 de agosto al 4 septiembre	40	20	9.56
17	Hidrometría ultrasónica aforadores Doppler y tiempo de travesía	Guadalajara, Jalisco	8-11 de septiembre	32	20	9.78
18	Modelación unidimensional de ríos con HEC-RAS, nivel intermedio	Distrito Federal	8-11 de septiembre	32	21	9.74
<b>Totales:</b>				<b>568 h</b>	<b>353</b>	<b>9.65</b>

**Resultados principales:**

Los temas principales diseñados específicamente para la CONAGUA se refieren a ingeniería hidráulica, tratamiento y calidad del agua, riego e hidrología, entre otros. También, se apoya la profesionalización de especialistas técnicos mediante la capacitación. En los cursos impartidos se combinan conocimientos, actividades prácticas y visitas guiadas.

- *Curso y certificación de la competencia laboral denominada “Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua”*

**DP1519.3**

Con la finalidad de orientar y asistir al contribuyente de manera eficiente y eficaz en cuanto al cumplimiento de sus obligaciones fiscales en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, ofreciendo un servicio de la más alta calidad, la Coordinación de Recaudación y Fiscalización de la CONAGUA firmó un convenio de trabajo con el IMTA para capacitar y certificar a personal de las áreas de Recaudación y Fiscalización de las diversas unidades administrativa de la Comisión en todo el país, con base en el estándar de competencia EC0153 "Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua".

Se realizó la actualización del material didáctico para la impartición del curso, considerando algunas particularidades del cliente y enfocadas a sus procesos; todo ello sin descuidar el objetivo del curso de servir como base para la certificación de los capacitados en el EC0153.

Se realizaron cinco eventos de capacitación y evaluación en sedes propuestas por la CONAGUA, donde se capacitó y evaluó a cien empleados. Además, se elaboró un modelo de referencia para la atención al contribuyente que considera cada una de las acciones requeridas para una correcta atención en las áreas de Recaudación y Fiscalización.

**Programa de eventos de capacitación y evaluación con base en el EC0153**

<b>Sede</b>	<b>Fecha</b>	<b>Personal capacitado</b>	<b>Personal evaluado</b>
Veracruz, Veracruz	22 al 26 de junio	20	19
Monterrey, Nuevo León	6 al 10 de julio	18	18
León, Guanajuato	10 al 14 de agosto	22	23
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	24 al 28 de agosto	16	16
Mérida, Yucatán	7 al 11 de septiembre	24	24

**Resultados principales:**

Del personal evaluado, 97 obtuvieron el juicio de “Competentes”, que los hizo acreedores a un certificado de competencia emitido por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias, con base en el estándar EC0153

## "Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua".

- *Desarrollo de capacidades del personal de un organismo operador de agua potable y saneamiento con estándares de competencia laboral*

### **DP1501.1**

Para llevar a cabo la certificación de competencias laborales a través del Sistema Nacional de Competencias, el Instituto ha sido acreditado por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación (CONOCER) como Entidad de Certificación y Evaluación de Competencias Laborales (ECE). Con base en ello, tiene la facultad para capacitar, evaluar y certificar al personal del sector hídrico, así como para acreditar centros de evaluación y evaluadores independientes.

Por otra parte, el suministro de agua potable requiere de procesos competitivos y de calidad que aprovechen los recursos programados para la operación en un organismo operador de agua potable y saneamiento (OOAPS). Estos procesos y servicios deben considerar la infraestructura, equipo, materiales y herramientas adecuados para realizarse y, sobretodo, contar con personal calificado para su adecuada operación.

Los procesos de capacitación y certificación de competencias laborales de los trabajadores en el sector hídrico, como una herramienta para impulsar la productividad de las instituciones, tienen baja credibilidad y, si aunamos además la baja inversión destinada a capacitar y certificar competencias de los empleados, entonces esto limita a que los directivos de los OOAPS no consideren la capacitación y certificación como "actividades de inversión" para mejorar y maximizar el aprovechamiento de los recursos asignados.

Como parte de la metodología se seleccionó un OOAPS, tomado en cuenta una serie de condiciones ideales que debería tener un OOAPS en su operación y que incluyeron, entre otros: el compromiso de la Dirección General, la infraestructura y equipo suficiente, la medición de la productividad de los trabajadores, métodos de trabajo documentados y recursos financieros asignados para una operación confiable. Con esta idea se seleccionó al Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Atlixco (SOAPAMA), Puebla, donde se aplicó la metodología de análisis.

Se seleccionaron tres estándares de competencia para este estudio: EC0153 "Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua", EC0319 "Vigilancia de la operación de una estación de bombeo de agua potable" y EC0318 "Mantenimiento electromecánico a una estación de bombeo de agua potable", y se identificaron indicadores que permitieran observar el estado actual en consumo de energía eléctrica y en la atención de usuarios de los servicios prestados, conceptos asociados a algunos de los estándares seleccionados. Asimismo, se diseñaron y aplicaron instrumentos para conocer la apreciación de los directivos de los OOAPS involucrados, referente a las competencias de su personal.

Se coordinaron y ejecutaron tres eventos de capacitación y certificación con base en los estándares de competencia mencionados, cada uno con la participación de veinte empleados, los cuales se celebraron en las instalaciones del SOAPAMA, en Atlixco.

Para el seguimiento a los resultados del área encargada de servicio a clientes, se realizó la aplicación de encuestas de servicio durante el segundo semestre de 2015, para evaluar la satisfacción de los clientes que llegaron a realizar trámites a las oficinas de la SOAPAMA. Los resultados muestran que a partir del mes de junio, tiempo en que ya se habían certificado los empleados que atienden al público con base en el estándar EC0153, hubo una ligera variación positiva hasta el mes de octubre, que resulta en un mayor incremento en noviembre y diciembre.

El resultado de la capacitación y certificación del personal del área de operación, infraestructura y mantenimiento de la SOAPAMA, ha permitido en 2015 un ahorro de energía significativo.

Un beneficio adicional de la formación y certificación del personal en el área de operación y mantenimiento, fue la implementación del uso de tabletas electrónicas, que con la ayuda de un *software* con el sistema operativo *Android*, elaborado por el área de informática de la SOAPAMA, permite tomar los datos de acuerdo con los productos solicitados en el EC0319.



**Curso Atención a clientes, Soapama, Atlixco, Puebla**

**Resultado de los cursos impartidos y evaluaciones**

Clave del estándar	Nombre del estándar	Personal capacitado			Personal evaluado	Personal certificado
		Total	Promedio evaluación diagnóstica	Promedio evaluación final		
EC0153	Atención a clientes	22	6.8	8.1	20	18
EC0318	Mantenimiento estaciones de bombeo	21	7.3	8.2	20	18
EC0319	Vigilancia estaciones de bombeo	21	8.1	9.3	20	09

**Resultados principales:**

**Con este estudio se da validez a la capacitación y certificación de personal, como una herramienta para mejorar procesos e incrementar la productividad en una institución de servicios de agua potable y saneamiento.**

- *Certificación de personal*  
**DP1517.3**

Como parte de las funciones productivas que ofrece el Sistema Nacional de Competencias (SNC), que promueve el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), está el estandarizar y certificar competencias laborales relacionadas con las funciones productivas.

Como parte de las actividades desarrolladas por el IMTA como Entidad de Certificación y Evaluación de Competencias Laborales (ECE), cabe señalar la acreditación de un Centro de Evaluación en Baja California y treinta Evaluadores Independientes.

De igual forma y con objeto de seguir mejorando y ofrecer servicios de mayor calidad, en 2015 se trabajó con las siguientes instituciones en temas de capacitación, evaluación y certificación con base en estándares de competencia: Aguas del Municipio de Durango; Comisión Estatal del Agua del Estado de Baja California;

Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro; Comisión Estatal del Agua del Estado de Morelos; Organismo Descentralizado de Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Chalco, Estado de México; Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Metepec, Estado de México; Organismo Público Descentralizado para la prestación de Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Tlalnepantla, Estado de México; Sistema de Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Puerto Vallarta, Jalisco; Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Atlixco, Puebla.

En total, se capacitó a 190 personas, se evaluó a 348 evaluados y se certificó a 386.

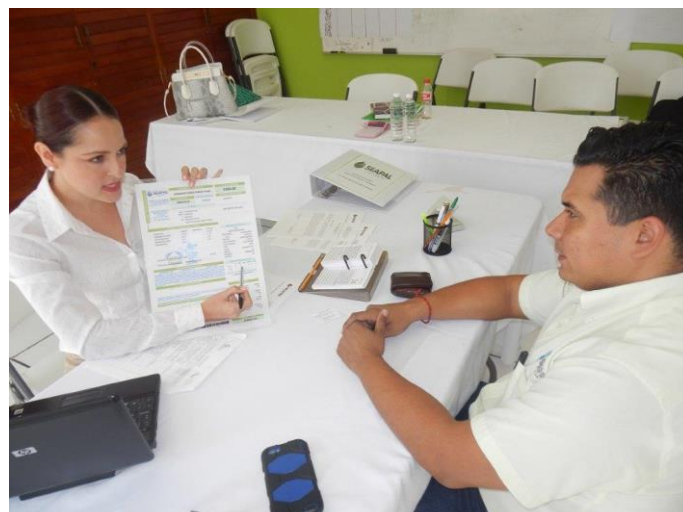
Es importante mencionar que el número de certificados es mayor debido a que, conforme a las atribuciones de la ECE del IMTA para con el Centro de Evaluación de la Comisión Estatal de Agua de Baja California, ésta tramita ante el CONOCER los certificados correspondientes a las evaluaciones realizadas por ellos.

### **Resultados principales:**

**Con la evaluación y certificación del personal, así como de la infraestructura de operación, se incrementará la eficiencia y productividad de las empresas e instituciones que prestan servicios relacionados con el agua.**



**Evaluación en el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Metepec, Estado de México**



**Evaluación en el Sistema de Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado  
de Puerto Vallarta, Jalisco**

***Segundo Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua***  
**CP1520.2**

En 2014, Desarrollo de Capacidades para la Gestión Integrada del Agua (LA WETnet) y la Red Mexicana de Recursos Hídricos (REMERH) organizaron el I Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua en la GIRH (Gestión Integrada de los Recursos Hídricos). Durante tres días se llevaron a cabo cuatro ponencias magistrales, dos paneles de expertos y seis talleres.

Debido al interés generado durante el encuentro, el Colegio de México se propuso como sede para el segundo encuentro, cuyo tema principal fue "Justicia Hídrica y Participación Social". Durante el evento, realizado en junio de 2015, se presentó el libro: *I Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua en la GIRH*. En 2016, la sede del tercer encuentro será la ciudad de Mendoza, Argentina.

**Principales resultados:**

**Los encuentros han contribuido al desarrollo del conocimiento relacionado con la educación y la cultura del agua de diferentes países, tales como Argentina, Brasil, Costa Rica, Ecuador, España y México.**



- ***Talleres y cursos de capacitación para el personal de los Espacios de Cultura del Agua de Guerrero***  
**CP1527.3**

Se impartieron cursos y talleres dirigidos a personal que labora en los diferentes Espacios de Cultura del Agua con los que cuenta la Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de Guerrero. Para ello, se siguió el procedimiento de capacitación externa del IMTA, que comprende: planeación, ejecución, verificación y mejora.

Los eventos, con una duración de ocho horas y asistencia de treinta participantes cada uno, fueron: *Taller: Elaboración de material didáctico para cultura del agua*, *Taller: Elaboración de proyectos* y *Curso: ética y valores para la sustentabilidad*.

A fin de mejorar el aprendizaje de los participantes, se les proporciona material didáctico, en formato manual, y se aplican evaluaciones diagnóstica, sumatoria y de reacción.

#### **Resultados principales:**

**Con la impartición de estos cursos y talleres, se fortalecen y actualizan los conocimientos y habilidades del personal de los Espacios de Cultura del Agua ubicados en Guerrero, en los temas ética y valores, así como la elaboración de proyectos y material didáctico.**

- *Capacitación para personal de los Espacios de Cultura del Agua de Hidalgo*  
**CP1534.3**

Se impartieron cursos y talleres dirigidos a personal que labora en los diferentes Espacios de Cultura del Agua con los que cuenta la Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado del Estado de Hidalgo. Para ello, se siguió el procedimiento de capacitación externa del IMTA, que comprende: planeación, ejecución, verificación y mejora.

Los eventos, con una duración de 16 horas y asistencia de 25 participantes cada uno, fueron: *Curso: ética y valores para la sustentabilidad*, *Curso: Requisitos para lograr mejores servicios públicos urbanos de agua* y *Taller: Huella hídrica y consumo sostenible*.

A fin de mejorar el aprendizaje de los participantes, se les proporciona material didáctico, en formato manual, y se aplican evaluaciones diagnóstica, sumatoria y de reacción.

#### **Resultados principales:**

**Con la impartición de estos cursos y talleres, se fortalecen y actualizan los conocimientos y habilidades del personal de los Espacios de Cultura del Agua ubicados en Hidalgo, en los temas ética y valores, así como en tópicos relevantes con respecto a problemáticas del agua.**

- *Plan de Seguridad del Agua (PSA) en Zacatecas*  
**CP1535.3**

El objetivo del proyecto consistió en capacitar a personal directivo y operativo de las Juntas Intermunicipales de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas, mediante cinco talleres sobre la metodología para implementar planes de seguridad del agua en su municipio.

En cada una de las sesiones de los cinco talleres se dieron a conocer, con apoyo de medios audiovisuales, los contenidos relativos a: metodología sobre planes de seguridad del agua; actividades a desarrollar para evitar y prevenir peligros y riesgos en los sistemas de agua para consumo humano; cómo identificar medidas de control que permitan reducir la contaminación del líquido a lo largo de la cuenca; identificar a los actores que producen la contaminación del agua en la cuenca, así como las amenazas naturales que afectan los componentes del sistema de agua para consumo humano, y gestionar fondos para mejorar la operación del sistema de agua para consumo humano.

#### **Resultados principales:**

**Se capacitó a 150 personas pertenecientes a las Juntas Intermunicipales de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas.**

## 4. PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

- *Edición de la revista Tecnología y Ciencias del Agua CP1515.2*

Tecnología y Ciencias del Agua (TyCA) es una revista interdisciplinaria de ciencia y tecnología del agua, que constituye la continuidad de las siguientes publicaciones: *Irrigación en México* (1930-1946); *Ingeniería hidráulica en México*, primera época (1947-1971); *Recursos hidráulicos* (1972-1978) e *Ingeniería hidráulica en México*, segunda época (1985-2009).

El objetivo de TyCA es difundir conocimiento, con aportaciones originales e innovaciones científicas y tecnológicas en los ámbitos de agua y energía; calidad del agua; ciencias físicas, biológicas y químicas; ciencias hidroagrícolas; ciencias políticas y sociales; desarrollo e innovación científica y tecnológica; gestión del agua, hidrología e hidráulica, entre otras disciplinas asociadas con el recurso agua. Esto coadyuva a incorporar al sector agua en la sociedad del conocimiento y fortalece al IMTA como centro de conocimiento del agua en México.

La revista se rige por un riguroso proceso de arbitraje “doble ciego”, el cual establece que cada trabajo sea analizado separadamente por tres revisores (dos al menos), quienes recomiendan su aceptación, su aceptación con cambios menores, su aceptación con cambios mayores, su rechazo o su aceptación como nota técnica con las modificaciones necesarias.

El proceso de arbitraje lo llevan a cabo especialistas y expertos de alto nivel de reconocido prestigio nacional e internacional en su ámbito profesional, con la capacidad para evaluar, de manera confiable y expedita, tanto la calidad y aportaciones originales como el grado de innovación científica y tecnológica del material que se somete para posible publicación.

En 2015, se editaron seis números en versión impresa, con un tiraje de 2 000 ejemplares por número; seis números en versión digital (<http://www.imta.gob.mx/tyca/>), y cinco números en su versión en inglés. Se distribuyó a 1 600 suscriptores, tanto de México como del extranjero, y se enviaron por correo electrónico 1 128 artículos en texto completo en PDF, a solicitantes de 17 países; 88% de México y 12% del extranjero. Su página web recibió 70 940 visitas, provenientes de 124 países; 63% de México y 37% del extranjero.

La revista aparece en 14 índices y abstracts nacionales e internacionales, entre ellos el Thomson Reuters Science Citation Index® (ISI) y el Índice de revistas mexicanas de investigación científica y tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) (2013-2018); también puede encontrarse su acervo en Google académico.

Se ha digitalizado el acervo de las revistas antecedentes. Una vez liberada esta información en la página web de la revista, el IMTA tendrá el acervo más completo de artículos científicos y tecnológicos en material agua en el país, de utilidad no sólo para México, sino para los estudiosos de Iberoamérica y de otras partes del mundo.

Tiene vinculación en línea con las bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Universidad Autónoma de Guadalajara, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto Tecnológico de Tepic y Universidad de Lima, Perú, y su situación con respecto a las redes sociales fue: Facebook, 1 008 likes; Twitter, 139 seguidores y LinkedIn, 1 197 contactos.

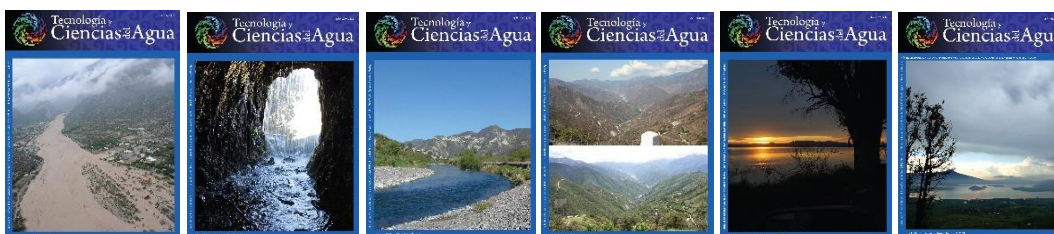
### **Resultados principales:**

**La presencia de TyCA se ha vuelto esencial para los estudiosos, académicos, investigadores, especialistas y profesionales interesados en el análisis,**

investigación y búsqueda del conocimiento y soluciones de problemas relacionados con el agua en México e Iberoamérica.

Sobresale el alcance internacional de la revista, en cuanto a editores, autores y temáticas desarrolladas, que sobrepasa el campo de la hidráulica.

La presencia en redes sociales ha ayudado a mantener una mejor comunicación con sus autores y lectores.



Portadas de los seis números editado en 2015

- *Edición de la revista de divulgación Agua Simple*  
**CP1508.1**

El IMTA y el Consejo Consultivo del Agua, A. C. firmaron un convenio general de colaboración. En él se establece como trabajo específico la producción de una revista de divulgación centrada en el agua dirigida a jóvenes de secundaria y preparatoria.

Derivado de este acuerdo, se edita la revista digital de divulgación *Agua Simple*, órgano de comunicación enfocado a adolescentes de entre 13 y 17 años a fin de que amplíen sus conocimientos sobre el agua y el medio ambiente, les brinde apoyo en sus estudios formales y los introduzca de manera entretenida en el mundo de la ciencia y la tecnología. También, como público indirecto, se dirige a maestros y padres de familia.

En 2015 se editó el número “Agricultura” y se terminó de preparar el número “Agua en el Universo”.

Su página web recibió 34 479 visitas de 95 países; 49%, de México y 51% del extranjero. Su situación con respecto a las redes sociales fue: YouTube, 14 887 visualizaciones y 79 suscripciones; Facebook, 1 016 seguidores; Twitter, 252 seguidores e Instagram, 41 seguidores.

La revista fue presentada en la XXXVI Feria Internacional del Libro del Palacio de Minería, y se promocionó en 11 eventos, entre ellos: la Feria Internacional del Libro Guadalajara 2015 y el XXVII Simposio, Comunicación de la Ciencia y la Tecnología en América Latina, en el marco del Congreso de la Internacional del Conocimiento, celebrado en Santiago de Chile, así como en varios organizados en municipios de Morelos.

**Resultados principales:**

***Agua Simple* presenta a los jóvenes una temática cercana a sus intereses, fácil de comprender y útil para su vida diaria.**

**Igualmente, genera alianzas de conocimiento entre escuelas secundarias y preparatorias, docentes, estudiantes universitarios, investigadores del Instituto y otras instancias, empresas privadas, estudiosos y personas interesadas en la temática.**

**Agua Simple** no sólo impacta en el interés científico y tecnológico de su público objetivo: los jóvenes; sino que también amplía su mirada a cuestiones culturales como la literatura, el cine y la música.



## Programa Editorial y Comunicación Gráfica del IMTA CP1506.1

Desde su creación y hasta la fecha, en el IMTA se han editado publicaciones que forman parte de sus actividades sustantivas y estudios sobre el agua, desde varios enfoques y disciplina. Con el mismo propósito, se ha realizado comunicación gráfica para el diseño y diagramación de todo tipo de publicaciones, carteles, exposiciones y eventos institucionales. La producción editorial y la comunicación gráfica del IMTA se han enfocado a diseminar el conocimiento y tecnología que genera el Instituto. En este contexto se crean libros, publicaciones institucionales, se diseñan y diagraman publicaciones impresas y digitales de todo tipo, así como exposiciones, con lo cual se proyecta la imagen y el quehacer de la institución.

En 2015 se editaron 12 libros: *Vulnerabilidad y adaptación en Yucatán. Un acercamiento desde lo local y con enfoque de equidad de género*; *Control biológico del lirio acuático en México: Primera experiencia exitosa con neoquetinos en distritos de riego volumen II*; *I Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua en la GIRH*; *Tópicos socio-ambientales emergentes y productivos en la cuenca de Jovel y periferia, Chiapas*; *Geotecnia en ingeniería de presas*; *El jaguar de la lluvia y el cerro Atlatzilistle: una rogación de lluvia en Zitlala*; *Conservación de agua y suelo, y uso de energía renovable en microcuencas. Manual técnico*; *Fuerzas impulsoras de las Tecnologías de la Información y Comunicación en México: una aproximación desde el sector agua*; *Alternativas viables para la provisión de servicios básicos en áreas periurbanas. Lecciones desde Xochimilco, Ciudad de México*; *Metodologías para el cálculo de caudales ecológicos y ambientales en ríos regulados por presas*; *Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático*, y *Tratamiento de aguas residuales*.

En cuanto a la comunicación gráfica, se hizo el diseño y producción de publicaciones institucionales, así como de carteles, folletos, gafetes, constancias, mantas, *displays*, infografías, animaciones y *banners* para diversos eventos, además de la instalación de 14 exposiciones.

### Resultados principales:

Un libro es un producto del conocimiento que, a su vez, genera conocimiento. Así el IMTA, mediante la edición de libros y el trabajo de comunicación gráfica satisface intereses y demandas de conocimiento de la sociedad con respecto al agua. Con esta producción y distribución de publicaciones, así como con las exposiciones y materia gráfico, se han generado nuevos espacios, tanto en el sector hídrico nacional e internacional como en la

sociedad en general, para disseminar conocimiento sobre temas relativos al agua, fortaleciéndose, a su vez, la imagen del Instituto.



- *Folleto sobre manejo de agua para la Secretaría de Desarrollo Social*  
**CP1504.1**

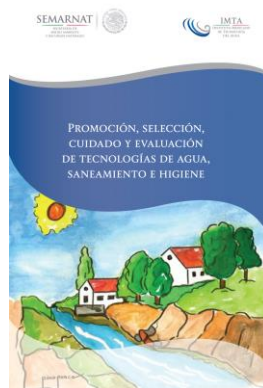
La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) tiene contacto directo con diversas comunidades rurales y urbanas en todo el país y emplea importantes presupuestos para mejorar el bienestar social. El IMTA, como ente investigador, desarrollador o adaptador de tecnología, puede aportar a esta secretaría sugerencias sobre cómo lograr mayores impactos con esos recursos, en temas referentes al agua, saneamiento e higiene.

Se editaron las versiones impresa y digital del folleto *Promoción, selección cuidado y evaluación de tecnologías de agua, saneamiento e higiene*, dirigido a promotores comunitarios para difundir y evaluar tecnologías apropiadas.

Para su elaboración, se hizo una amplia investigación documental sobre aspectos del manejo de agua y se trabajó en temas asociados con la educación y divulgación en comunidades marginadas.

### Resultados principales

**El IMTA espera que su aportación a la Sedesol, mediante un folleto sencillo pero completo, facilite a la secretaría la comprensión y ejecución de programas relacionados con mejoras comunitarias en cuestiones de agua, saneamiento e higiene, de manera que sus presupuestos sean de mayor utilidad para la sociedad y el medio ambiente.**



## Producción de videos

Durante 2015, entre documentales, animaciones, video-cápsulas, entrevistas y videos informativos y promocionales, se realizaron 58 productos de comunicación audiovisual; todos, como apoyo a proyectos técnicos, educativos y de difusión institucional del IMTA, y difundidos a través de los sitios web del propio Instituto.

Entre ellos se encuentran: *IMTA, contribuciones sostenibles para un desafío global*; *Il Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua*; *I Congreso Iberoamericano sobre Sedimentos y Ecología*; *Agua y desarrollo sostenible. Discutamos la Ley dentro de un marco de gobernanza*; *Riego por gravedad tecnificado (RIGRAT). Primera etapa, acciones y resultados*; *Mujer y familia, Agua y sustentabilidad en una comunidad de Querétaro*; *Sistema Cutzamala, hacia una visión compartida para la gestión integrada de cuencas*, e *IMTA contribution to the COP21*.

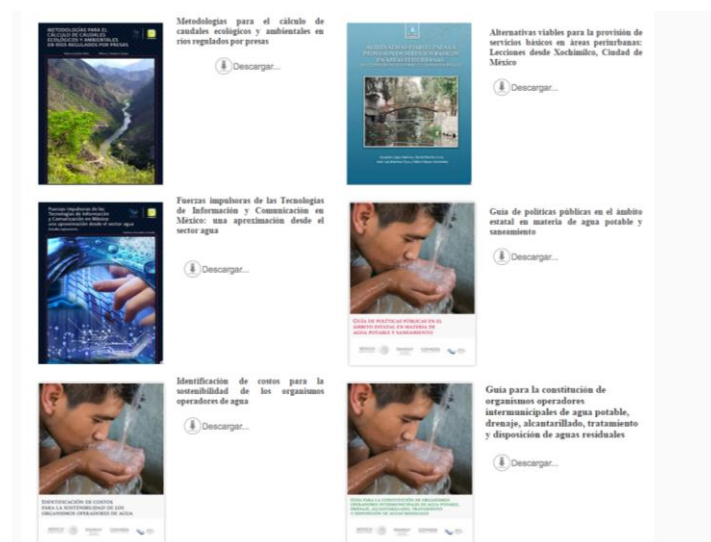
### Principales resultados:

**Mediante el video se han difundido contenidos de desarrollos científicos y tecnológicos generados en el Instituto, contribuyendo así a la disseminación del conocimiento y agregando valor a los productos y servicios prestados para la solución de los problemas existentes en el sector hídrico de nuestro país.**

- *Red de sitios IMTA*

La difusión a través de plataformas web constituye un instrumento eficiente para disseminación del conocimiento. Es por ello que se dio mantenimiento y publicaron diversos contenidos en la Red de Sitios IMTA.

Se actualizó la sección “Biblioteca Digital” del portal IMTA (<https://www.imta.gob.mx/biblioteca-digital>), compuesta ya por setenta publicaciones susceptibles de ser consultadas en línea, o bien, ser descargadas para su consulta por toda persona que así lo requiera, con temas relacionados con la problemática del agua en México. En total se registraron, desde 2013 a la fecha, un total de 97 752 descargas.



En 2015, en el portal IMTA se publicaron 46 artículos y se recibieron 29 323 visitas.



En total, la Red de Sitios IMTA registró 1 051 307 visitas, lo que permite una mayor presencia entre los usuarios de contenidos generados en el Instituto.

Sitio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
PORTAL IMTA	16,039	14,929	19,114	15,227	15,070	17,044	11,936	13,936	15,752	15,660	14,127	10,022	178,856
IMTANET	9,060	9,755	10,923	10,009	9,793	15,836	13,320	11,457	14,114	13,004	10,792	9,501	137,564
TVCA	4,942	4,297	7,495	6,724	6,779	5,738	4,648	5,107	7,559	6,595	6,595	4,461	70,940
ATL	32,732	20,317	46,669	31,821	35,886	38,751	20,086	33,222	52,016	52,678	54,444	25,368	443,990
CENCA	851	868	1,266	924	991	1,135	897	923	1,141	991	859	507	11,353
CONAMEXPHI	2,610	2,952	9,225	4,468	3,685	3,079	1,282	1,785	2,711	3,050	3,101	1,844	39,792
GALILEO	3,724	3,339	4,267	3,535	3,398	3,481	2,778	2,551	3,030	3,506	2,620	2,102	38,331
PIGOD	655	567	773	703	801	749	645	649	810	1,020	798	798	8,830
COTENNSER	1,914	2,274	3,965	3,472	3,705	761	2	27	5	3	74	24	16,226
AGUA SIMPLE	1,889	2,516	3,792	3,270	3,076	2,880	1,839	2,499	3,230	3,772	3,850	1,866	34,479
POTAMOLOGÍA	489	492	2,685	1,658	1,044	849	875	1,358	783	603	725	542	12,564
PUERA	270	343	713	579	888	1,043	696	567	418	272	725	542	7,056
PI UNAM	1,194	964	1,545	1,489	1,287	1,252	1,033	1,154	1,112	1,137	1,077	750	13,994
IMTA EDU	1,949	2,372	3,361	3,961	3,146	4,000	3,637	3,018	2,722	2,869	2,795	1,861	35,691
PNCS	3	20	69	84	142	79	36	45	24	2	83	79	666
ENI	4	0	265	161	167	123	40	39	30	2	110	34	975
<b>Gran total</b>													<b>1,051,307</b>

Los sitios temáticos desarrollados en 2015 fueron: Congreso de sedimentos (Congresosedimentos.mx), V Seminario de Potamología (<http://www.imta.gob.mx/potamologia/>), Curso avanzado evaluación de huella hídrica metodología y aplicación (<http://cursohuellahidrica.info/>), y Coordinación Regional del Programa Iniciativa Internacional de Sedimentos para América Latina y El Caribe (ISI-LAC) (<http://atl.org.mx/isi-lac/>).



Los sitios fueron creados por solicitud de algún área del IMTA, para satisfacer las necesidades de comunicación en medios electrónicos. Estos sitios se crean cuando hay eventos donde es necesario difundir por Internet: información acerca del registro de participantes, programas, fechas sedes, contactos, currículum de participantes y resultados de cada evento.

También, se apoyó la actualización de los sitios: Conamexphi, *Agua Simple*, *Tecnología y Ciencias del Agua*, CENCA, ATL, Potamología y portal IMTA, y se desarrollaron y difundieron 43 boletines.



Por otra parte, la actividad de las redes sociales ha sido muy importante para la difusión de contenidos del Instituto. A continuación, se presentan algunas estadísticas:

### Facebook

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Me Gusta	252	109	166	261	331	412	243	288	315	255	234	368	3234
Publicaciones	208	71	112	76	69	71	119	106	121	107	107	115	1282
Alcance de las publicaciones	43361	30169	57332	50999	55423	30169	86129	59368	79665	63444	77788	123134	756981
Promedio de alcance total*	1033	839	1422	1383	1431	1685	1661	1321	1697	1350	1752	2722	

\*Número de personas a las que se mostró alguna actividad de la página, tal como publicaciones, publicaciones de otras personas en la página, anuncios sobre personas a las que les gusta la página, menciones y visitas.

Total de “Me Gusta”, al 31 de diciembre de 2014: 3 357.

Total de “Me Gusta”, al 31 de diciembre de 2015: 6 591.

### Twitter

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Visitas	541	615	1395	718	753	1564	912	931	1315	686	907	844	11181
Impresiones	67000	157000	147000	114000	194000	501000	302000	217000	312000	235000	187000	248000	2681000
Nuevos seguidores	86	82	159	96	115	128	113	115	109	69	93	69	1234
Menciones	82	78	115	108	82	122	83	104	138	65	100	78	1155

- *V Seminario Internacional de Potamología José Antonio Maza Álvarez*  
**TH1507.1**

En los años cuarenta, los principios de la potamología fueron aplicados de manera sistemática por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos de América, en proyectos de ingeniería fluvial.

La introducción de la potamología en México se realizó en la década de los noventa, a través de los servicios de consultoría del Dr. Jean Jaques Peters a la CONAGUA; posteriormente, ingenieros de la Gerencia del Consultivo Técnico recibieron el conocimiento y el nuevo enfoque de estudio en la ingeniería de ríos para su aplicación y promoción en el diseño de obras fluviales en México.

El Seminario Internacional de Potamología tiene por objeto evaluar y estimular los avances de las investigaciones hidráulicas en el área de la mecánica de ríos, tanto en el campo de sus estudios básicos como en sus aplicaciones tecnológicas, cubriendo diversas especialidades que incluyen la hidráulica fluvial, hidráulica ambiental, desarrollo y planificación de recursos hídricos, ingeniería del riego, hidráulica computacional y la hidrología estocástica.

Desde 2008, el IMTA ha organizado, con apoyo de la CONAGUA y del Comité Nacional Mexicano del Programa Hídrico Internacional (CONAMEXPHI), cinco seminarios internacionales.

En el 2015 se llevó a cabo el V Seminario Internacional de Potamología, en la ciudad de Querétaro, Querétaro. Asimismo, se desarrollaron dos cursos pre-seminario: *Curso básico de hidráulica fluvial* y *Curso básico de modelación e instrumentación en hidráulica fluvial*. Se contó con un total de 101 asistentes: 58 inscritos, participación de 13 personalidades nacionales e internacionales y treinta invitados.

### Resultados principales:

**Promover el interés de las nuevas generaciones por el estudio de la potamología, fundamental para enfrentar los nuevos desafíos y seguir ahondando en el conocimiento del manejo de nuestros ríos.**

#### Inscritos al V Seminario Internacional de Potamología

<b>PARTICIPACIÓN V SEMINARIO POTAMOLOGÍA POR PAÍS Y ESTADO</b>			
<b>País</b>	<b>Núm. de asistentes</b>	<b>Estado</b>	<b>Estudiante</b>
<b>Ecuador</b>	<b>1</b>		
Ecuador	1		
<b>México</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>6</b>
Campeche	2	2	
Chiapas	1	1	
Chihuahua	1	1	
Coahuila	2	2	
Colima	1	1	
DF	16	16	2
Durango	1	1	
Estado de México	3	3	
Guanajuato	1	1	
Guerrero	2	2	2
Morelos	4	4	
Nayarit	1	1	
Oaxaca	1	1	1
Querétaro	7	7	
Sinaloa	1	1	
Tabasco	6	6	1
Tamaulipas	2	2	
Veracruz	5	5	
<b>Total general</b>	<b>58</b>	<b>57</b>	<b>6</b>

## 5. COOPERACIÓN TÉCNICA INTERNACIONAL

### UNESCO

#### Cátedra UNESCO-IMTA *El agua en la sociedad del conocimiento*

El Instituto mantiene estrecha relación con la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) a través del Programa Hidrológico Internacional (PHI). Las acciones que dan sustento a ello son el Comité Nacional Mexicano del PHI (Conamexphi) y su participación en las reuniones del Consejo Intergubernamental. Recientemente el IMTA, conjuntamente con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, ha propuesto la creación del Centro Categoría 2 de Seguridad Hídrica.

La Cátedra UNESCO-IMTA *El agua en la sociedad del conocimiento* inició actividades en 2008 con el objetivo de brindar a la población información relacionada con el agua. Ahora, se tiene conformada una plataforma de difusión mediante redes sociales, boletines electrónicos mensuales, eventos y seminarios nacionales e internacionales, cursos y talleres, y concursos de fotografía.

En 2015, se recibió la renovación del Acuerdo por parte del Director de la División de Políticas y Sistemas de Aprendizaje Permanente del Sector Educación de la UNESCO, para que el Instituto sea el responsable de la cátedra por un periodo de cuatro años más (hasta julio de 2019).

Como parte de las actividades de la cátedra, también en 2015, se llevaron a cabo diversas tareas en materia de difusión, formación de recursos humanos y divulgación del conocimiento: en cuanto a su órgano de comunicación, se hicieron actualizaciones diarias al portal Atl ([atl.org.mx](http://atl.org.mx)) mediante noticias relacionadas con la sociedad del conocimiento, medio ambiente, tecnología y agua.

Durante el año se tuvo registro de 395 116 visitas y se enviaron mensualmente boletines electrónicos con las novedades del sitio y anuncios sobre eventos organizados por la cátedra y el IMTA. En marzo se celebró, en colaboración con el Centro de Estudios Demográficos y Urbanos de El Colegio de México (COLMEX) el Foro Discutamos la Ley dentro de un Marco de Gobernanza, que se llevó a cabo en el auditorio Alfonso Reyes del Colegio. Se contó con la participación de más de ochenta personas.

De igual forma, se lanzó la convocatoria para el Concurso de Fotografía IMTA 2015, donde participaron 15 especialistas con un total de cincuenta fotografías; se efectuó el II Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua con el tema "Participación Social", que tuvo lugar en el COLMEX con una asistencia de más de cien personas. Asimismo, se efectuó el I Congreso Iberoamericano sobre Sedimentos y Ecología, organizado como parte de las actividades del PHI, en el que junto con el IMTA y la cátedra participó la Comisión Estatal del Agua de Querétaro. Asistieron 131 personas y 466 siguieron el evento por Internet; se presentaron 83 ponencias y 11 carteles.

También, se llevaron a cabo el *Taller Agua y Educación*, basado en la guía *¡Encaucemos el Agua!*, la cual contiene más de 92 actividades educativas para las diferentes materias y grados escolares, donde se capacitaron 17 profesores de preparatoria del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Cuernavaca; el *Curso de Huella Hídrica y Consumo Sostenible*, impartido a 18 profesores de preparatoria en ese mismo instituto, y el *Curso Avanzado de Evaluación de Huella Hídrica, Metodología y Aplicación*, organizado por el IMTA con el apoyo de la cátedra, la Water Footprint Network y la Universidad de Twente, Países Bajos, que contó con la asistencia de treinta participantes.

Con el IMTA, la cátedra coeditó el libro *El jaguar de la lluvia y el cerro. Atlazatzilistle una rogación de lluvia Zitala*.

Por su parte, la cátedra participó en la XI Reunión de Comités Nacionales y Puntos Focales del PHI-LAC, celebrada en Santiago de Chile, que representó una gran oportunidad para evaluar los resultados alcanzados en el bienio, así como para planificar las actividades de cara al bienio entrante.



### Primer Congreso Iberoamericano sobre Sedimentos y Ecología

Se organizó y celebró en la ciudad de Querétaro. Durante el congreso se presentaron dos conferencias magistrales, cuatro plenarias, 83 ponencias, 12 carteles y una sesión de jóvenes. Se transmitieron las conferencias y plenarias con una audiencia de 508 visualizaciones y 242 conexiones en sesiones. El evento contó con 138 asistentes y la participación de nueve países y 43 instituciones.

Se elaboró una nueva página web para ISI-LAC <http://ati.org.mx/isi-lac/>



### Programa Hidrológico Internacional

El Instituto mantiene estrecha relación con la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) a través del Programa Hidrológico Internacional (PHI). Las acciones que dan sustento a ello son el Comité Nacional Mexicano del PHI (Conamexphi) y su participación en las reuniones del Consejo Intergubernamental. Recientemente el IMTA, conjuntamente con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, ha propuesto la creación del Centro Categoría 2 de Seguridad Hídrica.

### COCEF

Programa de protección ambiental municipal de la COCEF (Comisión Federal Fronteriza de Cooperación Ecológica) conjuntamente con GITEC, empresa alemana, con financiamiento del Banco de Desarrollo Alemán para el saneamiento en las ciudades fronterizas: Hermosillo, Son., Cd. Juárez, Chih. y Matamoros, Tamps.

## Centroamérica y El Caribe

### Programa de Capacitación en Materia de Conservación de Agua y Suelo, Uso Eficiente del Agua de Lluvia y Escurrimientos para Actividades Agropecuarias

El IMTA, en conjunto con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Organismo especializado de la OEA y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, participó en el Programa de Capacitación en Materia de Conservación de Agua y Suelo, y Uso Eficiente del Agua de Lluvia y Escurrimientos para Actividades Agropecuarias, dirigido a 103 técnicos de 17 países: 88 pertenecientes a seis países de Centroamérica y 15 técnicos de 11 naciones caribeñas.

El objetivo del programa consistió en impulsar el desarrollo de la agricultura en estas regiones y el Instituto estuvo presente en la capacitación a productores, técnicos, funcionarios y tomadores de decisiones adscritos a instituciones del sector agrícola y medio ambiente.

Los cursos y talleres se enfocaron a necesidades específicas y a la transferencia de experiencias dirigidas a apoyar el mejoramiento de la productividad agrícola en Centroamérica y El Caribe.



Grupo participante en el curso *Conservación de agua y suelo*, El Salvador, San Salvador



Grupo participante en el curso *Uso eficiente del agua de lluvia y escurrimientos para actividades agropecuarias*. Gira de campo, Chitré, Panamá



**Grupo participante en los cursos *Conservación de agua y suelo y Uso eficiente del agua de lluvia y escurrimientos para actividades agropecuarias*, Chiriquí, Panamá**

## **Japón**

### **Agencia Japonesa de Cooperación**

Durante 2015, con la Agencia Japonesa de Cooperación (JICA), se consolidó la colaboración en los proyectos de cooperación a terceros. Así, se finalizó el *Tercer curso internacional sobre sistemas naturales de tratamiento de aguas y lodos residuales, su reúso y aprovechamiento (segunda fase)*, con asistencia de cinco países de Centroamérica y el Caribe.

## **Brasil**

### **Intercambio de experiencias México-Brasil: proyecto piloto Copalita-Paraná**

La cuenca del río Copalita, Oaxaca, tiene importancia ambiental, social y económica en la región. Por ello, se hicieron estudios para instrumentar su restauración, conservación ambiental y gestión integrada del agua.

Se iniciaron acciones coordinadas por el Comité de Cuenca, instituciones de gobierno y no gubernamentales, especialmente en la microcuenca La Venta. El IMTA inició el desarrollo de este proyecto piloto a fin de implementar una metodología de planificación participativa para la sustentabilidad de los recursos hídricos en dicha microcuenca, lo que paralelamente permitirá intercambiar experiencias con el programa brasileño Cultivando Agua Buena, de la empresa hidroeléctrica Itaipú Binacional.

En 2015, los resultados de esta primera etapa fueron: integración de un equipo líder y de dos comités gestores municipales para la coordinación de las actividades en la microcuenca La Venta, y se llevaron a cabo tres talleres de capacitación para facilitadores, que con su labor educativa contribuirán a la implementación de la metodología de planificación y seguimiento de acciones dirigidas a la sostenibilidad, mejoramiento del ambiente y calidad de vida en la región.

## **Bolivia-Alemania**

### **Proyecto de Cooperación Triangular Bolivia-México-Alemania “Tratamiento de aguas residuales con enfoque de reúso para riego agrícola”.**

Este diplomado surge del esfuerzo conjunto de los tres países y tiene por objetivo que los especialistas del IMTA compartan sus experiencias y capaciten a los participantes para que puedan desarrollar proyectos, fortalecer sus capacidades en el reconocimiento de tecnologías e identificar alternativas a partir de criterios técnicos en el tema del uso del agua residual en la agricultura.

## 6. OTRAS ACTIVIDADES RELEVANTES

- *Conformación del Consejo Nacional de Cultura Hídrica*

A fin de consolidar un grupo especializado, con facultad para determinar criterios específicos de trabajo en materia de cultura del agua, en términos de: calidad, eficacia y eficiencia; ámbito de aplicación y alcances, así como establecer elementos teórico-metodológicos de promoción de cultura del agua, se conformó el Consejo Nacional de Cultura Hídrica, con representantes de la CONAGUA, la Asociación Nacional de Empresas del Agua y Saneamiento, la Asociación Nacional para una Nueva Cultura del Agua y el Instituto.

- *I Congreso Nacional del COMEII 2015*

Junto con el Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMEII), el IMTA organizó y celebró, dentro de las instalaciones de éste, el I Congreso Nacional de Riego y Drenaje del COMEII, con el lema “Desafíos e innovación para mejorar la gestión de la agricultura de riego en México”.

El evento contó con la participación de 270 asistentes, se presentaron ocho conferencias magistrales y se desarrolló en torno a seis mesas temáticas: Mesa 1: Diseño, operación y conservación de infraestructura hidroagrícola; Mesa 2: Riego parcelario; Mesa 3: Cuencas, conservación de suelos y cambio climático; Mesa 4: Sensores remotos, VANT y Tecnologías de Información y Comunicación; Mesa 5: Temas emergentes, y Mesa 6: Mesa redonda sobre riego por gravedad tecnificado, donde se expusieron y analizaron setenta ponencias.

- *Creación y establecimiento del Consejo Técnico del Agua*

En el marco del Consejo Consultivo de la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID)—, se aprobó la creación del Consejo Técnico del Agua (CTAgua). La creación del CTAgua busca participar en el intercambio de ideas y en la retroalimentación de los programas, proyectos, acciones y mecanismos de cooperación entre la AMEXCID, el sector hídrico mexicano y otros actores vinculados, con miras a enriquecer y encontrar sinergias en este ámbito.

## 7. PREMIOS Y DISTINCIONES

- *El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua recibe en España el premio iAgua 2015, como mejor centro de investigación por segundo año consecutivo*

La organización de medios de difusión española iAgua otorgó al IMTA el premio 2015 al Mejor Centro de Investigación, reconocimiento que el Instituto recibe por segundo año consecutivo por su labor de difusión de contenidos para el sector hídrico en Iberoamérica.

El premio iAgua reconoce las mejores prácticas en el ámbito de la difusión en el sector del agua, así como a las entidades y profesionales más influyentes, basado en una clasificación a partir de un algoritmo que recoge el impacto social de los contenidos publicados en el último año enfocados a alcanzar los objetivos generales del sector y los retos particulares de cada organización en su entorno.

En esta edición, con 22 categorías, también por parte de México fueron finalistas la CONAGUA, como Mejor Administración Pública Latinoamericana, y la Universidad Nacional Autónoma de México, como Mejor Universidad vinculada al tema del agua.

La difusión de los desarrollos y resultados de diversos proyectos tecnológicos constituye un quehacer relevante para el Instituto. En alineación con las funciones establecidas en su estatuto orgánico, se diseñó una estrategia para diseminar conocimiento, tecnología e innovación para la gestión sustentable del agua en México. Se enfatiza, especialmente, en la divulgación institucional mediante la creación de contenidos diarios de calidad accesibles a la mayoría de los públicos, en diversos medios electrónicos.

# ANEXOS

# 1 VINCULACIÓN CON CENTROS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y UNIVERSIDADES

Proyecto	Institución	Objetivo
Vital and viable services for natural resource management in Latin America	Comisión de las Comunidades Europeas y/o Politécnico Di Bari	Diseminar los resultados del proyecto VIVACE, a través de ponencias y presentaciones en foros internacionales.
Formación de los recursos humanos en los campos del conocimiento en Ingeniería Ambiental/Agua, Ingeniería Civil/Hidráulica	Universidad Nacional Autónoma de México	Fortalecer la formación de recursos humanos en los campos del conocimiento en Ingeniería Ambiental/Agua, Ingeniería Civil/Hidráulica, en lo correspondiente a lo que se imparte en el Programa de Posgrado en Ingeniería de la UNAM Campus Morelos.
Proyecto de adaptación de humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático.	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.	Apoyar a México en sus esfuerzos para desarrollar e implementar medidas piloto de adaptación para enfrentar las consecuencias de los impactos climáticos en los humedales costeros del Golfo de México, a través de la aplicación de acciones piloto que proporcionen información sobre los costos y beneficios de enfoques alternativos para reducir su vulnerabilidad.
Nivelación de precisión en circuitos dentro de la zona de hundimientos del DR 014, Río Colorado, BC	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California	Realizar nivelación de primer orden en dos ocasiones a lo largo de circuitos en la zona de hundimientos del DR 014, Río Colorado, BC
Desarrollo de una tecnología de tratamiento para aguas residuales de la industria de bebidas alcohólicas (Tequila).	Centre De Recherche Industrielle De Quebec	Desarrollar en cuatro etapas una tecnología de tratamiento para las aguas residuales de la industria del tequila. Para 2014: montar y operar sistemas anaerobios bajo diferentes condiciones de operación para el tratamiento de aguas residuales de la industria tequilera.
Evaluación de las capacidades de los modelos globales del experimento CMIP5 para identificar procesos de baja y alta frecuencia que afectan el clima mexicano como: ondas del este, ciclones tropicales, frentes fríos y nortes, corrientes en chorro (pacífico y caribe) y zona de convergencia intertropical en el periodo histórico 1979-2010, así como ofrecer el curso de variabilidad y cambio climático.	Instituto de Investigaciones Eléctricas	Evaluación de las capacidades de los modelos globales del experimento CMIP5 para identificar procesos de baja y alta frecuencia que afectan el clima mexicano como: ondas del este, ciclones tropicales, frentes fríos y nortes, corrientes en chorro (pacífico y caribe) y zona de convergencia intertropical en el periodo histórico 1979-2010, así como ofrecer el curso de variabilidad y cambio climático”.

# 2 ADMINISTRACIÓN

## PRESUPUESTO DE EGRESOS DE LA FEDERACION 2015 FLUJO DE EFECTIVO

Crédito Externo

( Pesos )

ENTIDAD: RJE Instituto Mexicano de Tecnología del Agua		SECTOR : 16 Medio Ambiente y Recursos Naturales	
INGRESOS	MONTO	EGRESOS	MONTO
TOTAL DE RECURSOS	815,583,053	TOTAL DE RECURSOS	815,583,053
DISPONIBILIDAD INICIAL	208,348,981	GASTO CORRIENTE	523,446,120
CORRIENTES Y DE CAPITAL	349,179,759	SERVICIOS PERSONALES	187,455,868
VENTA DE BIENES	445,031	MATERIALES Y SUMINISTROS	32,603,487
		SERVICIOS GENERALES	273,575,825
VENTA DE SERVICIOS	302,663,043	OTRAS EROGACIONES	29,810,940
		<b>INVERSIÓN FÍSICA</b>	<b>44,645,116</b>
INGRESOS DIVERSOS	46,071,685	BIENES MUEBLES E INMUEBLES	36,345,754
		OTRAS EROGACIONES	8,299,362
<b>SUBSIDIOS Y TRANSFERENCIAS DEL GOBIERNO FEDERAL</b>	<b>258,054,313</b>		
		<b>SUMA DE EGRESOS DEL AÑO</b>	<b>568,091,235</b>
CORRIENTES	258,054,313		
SERVICIOS PERSONALES	187,455,868		
MATERIALES Y SERVICIOS	70,598,445		
INVERSIÓN FÍSICA	-		
		<b>DISPONIBILIDAD FINAL</b>	<b>247,491,818</b>

## 3 PROYECTOS 2015 QUE CONFORMAN ESTRATEGIAS INTEGRALES DE ATENCIÓN

El IMTA ha desarrollado una serie de proyectos que, de manera integral, atienden problemáticas incorporando el criterio natural del espacio físico asociado al territorio, así como su dinámica social, económica y ambiental. Al mismo tiempo, se genera una aproximación multidisciplinaria al involucrarse diversas áreas técnicas del instituto. Este enfoque ha permitido obtener los casos más logrados de gestión integral del agua y enfoques transversales que permiten a las diferentes disciplinas articular la información, habilidades y conocimiento de los expertos para así colaborar en la solución de problemas complejos.

<b>Programa para la recuperación del Lago de Pátzcuaro</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
HC1422.4	Coordinación técnica del Programa para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro. Etapa 4.
HC1423.4	Fortalecimiento a la transferencia de tecnologías apropiadas.
HC1424.4	Seguimiento, transferencia y rehabilitación de humedales artificiales.
HC1425.4	Acciones de eficiencia de los OOAPAS ribereños.
HC1426.4	Prácticas y obras para la repoblación forestal y conservación de suelos.
HC1427.4	Sistema de captación de agua de lluvia en escuelas rurales.
HC1428.4	Proyecto piloto de sistema de captación de agua de lluvia para riego.

<b>Investigación y desarrollo tecnológico para sanear las cuencas de los ríos Yautepec y Cautla, en el estado de Morelos con enfoque holístico.</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
TC1502.1	Métodos analíticos para determinación de compuestos emergentes en agua. Parte 2
TC1503.1	Estrategia para potabilización de agua en las cuencas de los ríos Yautepec y Cautla, Mor., con un enfoque holístico. Segunda Etapa.
TC1504.1	Tecnologías para la remoción de contaminantes emergentes, nutrientes y producción de energía en aguas y lodos residuales para cuencas hidrográficas del estado de Morelos. Segunda Etapa.
TC1505.1	Indicadores de integridad ecológica y salud ambiental para las cuencas de los ríos Yautepec y Cautla, Morelos. Segunda Etapa

<b>Desarrollar instrumentos que apoyen la política hídrica y administración del agua para contribuir a un crecimiento verde incluyente</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
TH1529.3	Integración del Programa hídrico estatal 2014-2018 del estado de Zacatecas.
TH1531.3	Integración del Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Durango.
TH1532.3	Integración del Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Coahuila
TH1533.3	Integración del Programa hídrico regional 2014 - 2018 de la Región Hidrológico - Administrativa VII, Cuencas Centrales del Norte”
TH1538.3	Integración del Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de San Luis Potosí.

<b>Programa para la Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
HC1328.4	Coordinación Técnica del Programa para la Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán.
HC1333.4	Diagnóstico integral de planeación y modelación hidráulica en las cabeceras municipales de Campeche (Campeche), Benito Juárez (Cancún) y Mérida (Mérida).

<b>Reordenamiento de la Cuenca del Río Sonora</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
HC1532.3	Reordenamiento de la Cuenca del Río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano.
TC1506.3	Análisis ecológico de la comunidad de macroinvertebrados de los ríos Bacanuchi y Sonora, Sonora México
DP1504.1	Diagnóstico y propuesta de regulación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento

<b>Cambio climático</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
CE1101.9	Proyecto de Adaptación de Humedales Costeros del Golfo de México Ante los Impactos del Cambio Climático
DP1506.1	Metodología de evaluación para proyectos de adaptación al cambio climático

## 4 CATÁLOGO DE PROYECTOS DESARROLLADOS (DICIEMBRE 2015)

**Objetivo 1. Generar, aplicar y transferir conocimiento para incrementar las capacidades de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación del sector agua**

CP1504.1	Desarrollo de un programa de manejo de agua para secretaria de desarrollo social SEDESOL.
CP1509.1	Software para centro de control de información de telemetría.
CP1510.1	Tablero Ejecutivo del IMTA
CP1511.1	Estrategias para la adopción social de tecnologías alternativas de agua y saneamiento
DP1503.1	Análisis económico integral en un sistema hídrico
DP1505.1	Análisis de impacto socioeconómico de tarifas de agua potable
DP1506.1	Metodología de evaluación para proyectos de adaptación al cambio climático
HC1506.1	Desarrollo, operación, adaptación y transferencia de tecnologías apropiadas en materia de agua en el medio rural
HC1508.1	Estudio del coeficiente de rugosidad de tuberías etapa 1
HC1509.1	Adaptación de sistemas de telemetría basadas en internet satelital a sistemas de hidrometría
HC1510.1	Estudio de Bifurcaciones en ríos
HC1511.1	Dispositivo para desazolve en presas: Primera Etapa. Modelación experimental y simulación numérica
HC1513.1	Guías Técnicas para el Análisis y diseño de Obras y Equipos Hidráulicos. Primera Fase
HC1522.2	Confiabilidad del Suministro de Agua Potable en Presencia de Depósitos Intradomiciliarios
RD1504.1	Energía renovable para el desarrollo hidroagrícola en microcuencas del sector rural
RD1505.1	Diseño y aplicación de riego por gravedad
RD1506.1	Evaluación de sistemas de drenaje parcelario y sistemas de bombeo con energía eólica para mitigar y controlar el ensaltramiento en suelos agrícolas
RD1507.1	Regulación del régimen de humedad del suelo mediante la aplicación de riego y drenaje controlados en zonas de riego subhúmedas
RD1508.1	Uso de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) en Ingeniería de Riego
RD1509.1	Estudio y desarrollo de tecnología modular para una agricultura protegida sustentable
RD1510.1	Sistema de información sobre extracciones con fines agrícolas en acuíferos
RD1511.1	Desarrollo, adaptación y transferencia de sistemas de medición a nivel parcelario
TC1502.1	Métodos analíticos para determinación de compuestos emergentes en agua. Parte 2
TC1503.1	Estrategia para potabilización de agua en las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla, Mor., con un enfoque holístico. Segunda etapa
TC1504.1	Tecnologías para la remoción de contaminantes emergentes, nutrientes y producción de energía en aguas y lodos residuales para cuencas hidrográficas del estado de Morelos (segunda etapa)
TC1505.1	Indicadores de integridad ecológica y salud ambiental para las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla, Morelos
TH1502.1	Modelación de pozos radiales

TH1503.1	Escalamiento de lecturas de gravedad de "GRACE" y su aplicación en el cálculo de variables geohidrológicas
TH1504.1	Uso de isótopos ambientales y herramientas hidrogeoquímicas para evaluar la contaminación por fuentes naturales, agrícolas y domésticas en el acuífero Cuernavaca
TH1505.1	Recuperación de fósforo mediante remoción con adsorbente y recuperación de fósforo inorgánico
TH1508.1	Estimación de la humedad del suelo con base en imágenes de satélite
CA1404.5	Diseño y Construcción de un Prototipo de Reactor con Biomasa Inmovilizada sobre un Empaque Sintético Móvil para Caudales de 2 Litros por segundo
DP1431.6	Modelación numérica de la circulación de la Bahía de Todos Santos, B.C., México
HC1233.6	Estudio de Riesgos de Inundaciones en Zonas Urbanas de la República Mexicana
HC1428.4	Proyecto piloto de sistema de captación de agua de lluvia para riego
HC1429.4	Abastecimiento por captación de la precipitación pluvial en una comunidad indígena autogobernada de Michoacán
HC1519.3	Estudio en Modelo Físico del Funcionamiento Hidráulico del Vertedor de la Presa de Almacenamiento "Zapotillo" para una altura de 80 metros, en El río Verde, en los Municipios de Yahualica de González Gallo y Cañadas de Obregón, en el Estado de Jalisco
HC1527.3	Estudio experimental para la generación de criterios de peligro por inundación (nomogramas) en ríos de zonas urbanas
HC1529.3	Estudio experimental para la caracterización del efecto del arrastre de sólidos en flujos a superficie libre con estructuras de cruce en ríos de zonas urbanas
RD1518.6	Desarrollo de un sistema modular híbrido de NF y MD asistido con energía solar
RD1519.6	Apoyos de Catedras CONACYT / 266156 la tecnología geoespacial para la gestión sustentable de recursos hídricos y seguridad alimentaria
TC1355.4	Desarrollo de una tecnología de tratamiento para aguas residuales de la industria de bebidas alcohólicas (Tequila)-segunda etapa
TC1414.6	Investigar y modelar la cantidad y calidad del agua en la región fronteriza, México-Estados Unidos de América con el enfoque al control de las descargas de aguas residuales. Etapa II
TC1420.6	Impacto de las Actividades Humanas en la Calidad del Agua del Rio Hondo, Quintana Roo
TC1443.7	Investigation of the Impact of Arundo donax in México and Evaluation of Candidate Biological Control Agents
TC1514.6	Caracterización de un sistema híbrido conformado por un Stack de celdas de combustible microbianas-paneles fotovoltaicos para la producción de electricidad a través del tratamiento de aguas residuales y radiación solar (primera etapa)
TH1519.6	Dinámica de benzo(a)pireno en medios porosos y su repercusión en la contaminación del agua

**Objetivo 2. Formar capital humano especializado para la profesionalización y productividad del sector hídrico**

CP1503.1	Metodología para el diseño y elaboración de material didáctico interactivo sobre cultura del agua.
CP1519.2	Diseño de metodología y prueba piloto para educación y cultura del agua en instituciones públicas. IMTA VERDE
CP1520.2	Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua.
CP1522.2	Desarrollo de una Estrategia de Educación y Cultura del Agua por el IMTA para su implementación a nivel Internacional, como primera etapa en Latinoamérica.

CP1530.2	Curso avanzado de evaluación de huella hídrica
DP1501.1	Desarrollo de capacidades del personal de un organismo operador de agua potable y saneamiento con estándares de competencia laboral
DP1502.1	Propuesta de un sistema del sector hídrico para la certificación de personal
DP1507.1	Operación de los programas de posgrado del IMTA
DP1508.1	Elaboración de tutoriales virtuales para los programas de Posgrado del IMTA
DP1509.1	Programa de Educación Continua y a Distancia
HC1512.1	Promoción de la investigación e intercambio de tecnologías apropiadas en materia de agua
TH1507.1	V Seminario Internacional de Potamología "José Antonio Maza Álvarez"
TH1509.1	Primer Congreso Iberoamericano de Sedimentos
CP1527.3	Talleres y cursos de capacitación para el personal de los espacios de cultura del agua del estado de Guerrero
CP1532.3	Intercambio de experiencias México-Brasil a nivel de microcuenca: Proyecto piloto Copalita-Paraná
CP1534.3	Eventos de capacitación para el personal de los espacios de cultura del agua de la CEEA del Estado de Hidalgo
CP1535.3	Plan de Seguridad del Agua (PSA) en Zacatecas
CP1536.3	Capacitación para personal de Espacios de Cultura del Agua del Estado de Chiapas
DP0520.6	Maestría y Doctorado en Gestión Integral del Agua en Cuencas y Acuíferos del Posgrado en Ciencias y Tecnología del Agua
DP1433.6	Maestría y Doctorado en Ciencias del Agua, área de concentración Hidrología y Meteorología operativa, en la modalidad de educación a distancia
DP1519.3	Curso y Certificación de la competencia laboral denominada "Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua"
DP1535.3	Cursos técnicos hídricos 2015, para la formación de los servidores públicos de la Comisión Nacional del Agua a nivel nacional y nivel regional hidrológico administrativo
RD1428.3	Capacitación de supervisores técnicos y responsables técnicos, así como del personal técnico y directivos de las asociaciones civiles de usuarios de riego del estado de Sinaloa, para la implementación del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado en 2014
RD1429.3	Capacitación de técnicos para la implementación del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato
RD1430.3	Capacitación de técnicos para la implementación del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) en el D.R. 043, Estado de Nayarit
RD1517.3	Impartición del programa de capacitación en materia de conservación de agua y suelo y uso eficiente del agua de lluvia y escurrimientos para actividades agropecuarias
TH1525.3	Ingresos propios del V Seminario Internacional de Potamología "José Antonio Maza Álvarez"

**Objetivo 3. Desarrollar instrumentos que apoyen la política hídrica y administración del agua para contribuir a un crecimiento verde incluyente**

DP1504.1	Diagnóstico y propuesta de regulación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento
----------	--

HC1514.1	Desarrollo de instrumentación y procedimientos de medición, aplicados a la observación en campo que ayuden a controlar o supervisar la situación de seguridad estructural de obras hidráulicas.
CP1126.7	Asistencia técnica para la introducción de tecnologías apropiadas de saneamiento en la operación del Programa Hábitat-SEDESOL de la Secretaría de Desarrollo Social
CP1516.3	Instrumentos de política pública en el ámbito municipal y de participación pública para la implementación de las líneas de acción del Programa Nacional Hídrico 2014-2018
CP1523.3	Diseño y levantamiento del registro regional de información estadística y geográfica del agua a nivel del Organismo de Cuenca Pacífico Sur
CP1526.3	Fortalecimiento de la gestión sustentable del agua y la soberanía hídrica en los países de la región latinoamericana
DP1521.3	Integración de información de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes obtenida en el periodo 2004-2014
DP1522.3	Fortalecer la capacidad institucional para la atención y registro de los usuarios de aguas nacionales, calificación e inicio de procedimientos administrativos. Objetivo II.
HC1232.4	Sistemas de información para incentivar el cobro-pago del agua
HC1328.4	Coordinación Técnica del Programa para la Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán
HC1333.4	Diagnóstico integral de planeación y modelación hidráulica en las cabeceras municipales de Campeche (Campeche), Benito Juárez (Cancún) y Mérida (Mérida)
HC1356.3	Estudio de sectorización de la red de distribución de agua potable en Morelia
HC1423.4	Fortalecimiento a la transferencia de tecnologías apropiadas
HC1424.4	Seguimiento, transferencia y rehabilitación de humedales artificiales
HC1425.4	Acciones de eficiencia de los OOAPAS ribereños
HC1516.3	Estudio de diagnóstico y planeación integral del organismo descentralizado de agua potable, alcantarillado y saneamiento del municipio de Chalco, Estado de México
HC1530.3	Plan para la conservación y control de erosión de suelos en el sistema Cutzamala (Primera etapa)
HC1533.4	Sistema de información para incentivar el cobro-pago del agua. Fase II (2015-2018)
RD1232.3	Desarrollo y transferencia de tecnología propia para la operación del módulo Santa Rosa del DR. 075, Valle del Fuerte Sinaloa
TC1520.3	Servicio de implementación de los principios y prácticas de la ecohidrología en el desarrollo hidráulico de México. Programa de ecohidrología
TC1537.3	Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso del consumo humano. Salud y saneamiento básico
TH1437.3	Evaluación en la disponibilidad conforme a la norma NOM-011-CNA-2000 para el abastecimiento de la ZCG
TH1517.3	Actualización de datos estadísticos y geográficos, y mantenimiento de componentes informáticos del SINA
TH1518.3	Consolidación del Catálogo Nacional de Programas y Proyectos del Sector Hídrico
TH1524.3	Integración de información de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes obtenida en el periodo 2004-2014
TH1528.3	Proyecto de coordinación, seguimiento, supervisión, integración y análisis del Programa de Medidas para Prevenir y Enfrentar la Sequía. Etapa 3 de 6.

TH1529.3	Integración del Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del estado de Zacatecas
TH1530.3	Programas contra contingencias hidráulicas por organismos de cuenca y para las principales ciudades del país (etapa 1)
TH1531.3	Integración del Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Durango
TH1532.3	Integración del Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Coahuila
TH1533.3	Integración del Programa Hídrico Regional 2014 - 2018 de la región hidrológico - administrativa VII, Cuencas Centrales del Norte
TH1534.3	Actualización del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) periodo 2012-2014
TH1538.3	Integración del Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de San Luis Potosí
TH1540.3	Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano, componente agua subterránea

<b>Objetivo 4. Proveer servicios científicos y tecnológicos de alto valor agregado para fortalecer las capacidades institucionales del sector agua</b>	
CP1521.3	Producción y difusión de materiales didácticos relacionados con el funcionamiento de los distritos de riego durante 2015
CP1531.3	Plan de comunicación para la validación y difusión del diagnóstico integral del sistema Cutzamala y sus cuencas de aportación (primera etapa)
CP1533.3	Proceso de supervisión, seguimiento y evaluación de los proyectos financiados en el marco de los "Lineamientos para el otorgamiento de subsidios a organizaciones de la sociedad civil. Desarrollo sustentable con perspectiva de género y Desarrollo sustentable en beneficio de comunidades y pueblos indígenas"
DP1523.3	Dictamen externo sobre las factibilidades técnica, económica y ambiental para el esquema integral de saneamiento y reúso del agua residual en el Bosque de Chapultepec, en el Distrito Federal
DP1530.3	Integración de información permite establecer las características mínimos de los aparatos de medición de volúmenes de aguas nacionales
DP1540.3	Fortalecer la capacidad institucional para la atención y registro de solicitudes de los usuarios de aguas nacionales, calificación e inicio de procedimientos administrativos; Objetivo I
DP1542.3	Fortalecer la capacidad institucional para la atención y registro de solicitudes de los usuarios de aguas nacionales, calificación e inicio de procedimientos administrativos
HC1422.4	Coordinación técnica del Programa para la recuperación ambiental de la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Etapa 4
HC1426.4	Prácticas y obras para la repoblación forestal y conservación de suelos
HC1427.4	Sistema de captación de agua de lluvia en escuelas rurales
HC1461.3	Supervisión de Avance de Acciones del Programa de Modernización de Áreas Comerciales de los Organismos Operadores de Lerma, Metepec, Chalco, Loreto y Los Cabos
HC1517.3	Supervisión técnica para la adquisición, instalación y mantenimiento de sistemas de medición en canales, pozos agrícolas y presas; mantenimiento de sistemas de medición en presas y molinetes mecánicos de Distritos de Riego
HC1518.3	Supervisión de Avance de Acciones del Programa de Modernización del área comercial del Organismo Operador de Agua de Victoria, Tamaulipas (COMAPA Tamaulipas)

HC1520.3	Diagnóstico y proyecto ejecutivo de modernización del área comercial del Sistema de Aguas y Saneamiento de Acuña, Coahuila(SIMAS)
HC1521.3	Mantenimiento correctivo y caracterización de Molinetes a las Unidades Técnicas de los Organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la Comisión Nacional del Agua
HC1523.3	Estudio para la Evaluación y Mejoramiento del Sistema de Captación y Conducción de Agua Potable de la Ciudad de Chetumal Quintana Roo
HC1524.3	Supervisión de Avance de Acciones del Programa de Modernización del área comercial del Organismo Público Descentralizado para la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Tlalnepantla de Baz(OPDM); del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Cuernavaca, Morelos (SAPAC); y de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali, Baja California (CESPM)
HC1525.3	Estudio hidrológico e hidrodinámico en la Laguna de las Garzas, en Manzanillo, Colima
HC1526.3	Estudio Geofísico y Geohidrológico de la Cuenca de Ciudad Chetumal
HC1528.3	Estudios especializados a presas de almacenamiento, derivadoras y bordos en alto riesgo, en 8 presas del estado de Aguascalientes, año 2015
HC1531.3	Diagnóstico y proyecto ejecutivo de modernización del área comercial de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Ahome (JAPAMA), Sinaloa
HC1532.3	Reordenamiento de la Cuenca del Río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano
HC1590.3	Ingresos propios por servicio de evaluación de medidores
HC1591.3	Ingresos propios de caracterización de molinetes de particulares y evaluación de equipos
RD1412.3	Actualización del proyecto ejecutivo de Sobreelevación del Canal Principal Humaya y presa derivadora Andrew Weiss en el estado de Sinaloa (2ª. Parte)
RD1427.3	Nivelación de precisión en circuitos dentro de la zona de hundimientos del DR 014, río Colorado, B.C.
RD1431.3	Realizar la implantación, seguimiento y evaluación en 15,000 has. que se incorporan al Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014 en el Distrito de Riego 010 Culiacán Humaya, Sinaloa
RD1432.3	Realizar la implantación, seguimiento y evaluación en 5,000 hectáreas que se incorporan al Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014 en los Distritos de Riego 109 Río San Lorenzo, 108 Elota Piaxtla y 074 Mocerito, Sinaloa
RD1433.3	Realizar la implantación, seguimiento y evaluación en 8,000 hectáreas que se incorporan al Proyecto Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014, en el Distrito de Riego 063 Guasave, Sinaloa
RD1434.3	Realizar la implantación, seguimiento y evaluación en 6,000 hectáreas que se incorporan al Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014, en el Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa
RD1436.3	Realizar la implantación, seguimiento y evaluación en 8,000 hectáreas que se incorporan al Proyecto Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014, en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato
RD1437.3	Realizar la implantación, seguimiento y evaluación en 2,000 has que se incorporan al Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014 en el Distrito de Riego 043 Estado de Nayarit
RD1515.3	Redimensionamiento del humedal artificial de flujo intermitente del ingenio Emiliano Zapata

RD1516.3	Actualización del proyecto ejecutivo de Sobreelevación del Canal Principal Humaya y presa derivadora Andrew Weiss en el estado de Sinaloa (3ª. Parte)
RD1520.3	Elaborar el documento de estadísticas agrícolas de los distritos de riego: año agrícola 2014 – 2015, y brindar servicios profesionales en Estadística para mejorar la integración de información de estadísticas agrícolas e hidrométricas de los distritos de riego
RD1521.3	Estudio hidrométrico del módulo de riego 08 Asociación de Usuarios del río Cuautla, Manantiales y Corrientes Tributarias General Eufemio Zapata Salazar A.C. del Distrito de Riego 016 estado de Morelos (primera etapa)
RD1522.3	Evaluación de los Programas de Infraestructura Hidroagrícola de la Jurisdicción de la Dirección Local San Luis Potosí, en su ejercicio 2014
RD1524.3	Realizar seguimiento y evaluación del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado en una superficie de 18,000 hectáreas, en los Distritos de Riego 010 Culiacán Humaya,074 Mocerito, 108 Elota Piaxtla y 109 San Lorenzo, estado de Sinaloa
RD1525.3	Realizar el seguimiento y evaluación del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado en una superficie de 8 mil hectáreas en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato
TC1369.3	Asistencia técnica para la licitación, construcción, puesta en marcha y evaluación de una planta a pie de pozo para la remoción de cromo, en el municipio de Tultitlán, Estado de México
TC1408.3	Selección de trenes de tratamiento e ingeniería básica para potabilizar 26 fuentes de abastecimiento y elaboración de proyectos de seis plantas potabilizadoras en la Comarca Lagunera, estado de Coahuila de Zaragoza
TC1506.3	Análisis ecológico de la comunidad de macroinvertebrados de los ríos Bacanuchi y Sonora, Sonora México
TC1507.3	Evaluación de riesgo por hidroarsenicismo e hidrofluorosis
TC1509.3	Evaluación de la efectividad de la tecnología Silver Buller para el control de crecimiento microbiológico del sistema de enfriamiento de la unidad 4, de la Central termoeléctrica Valle de México
TC1521.3	Ingeniería de detalle, implementación, puesta en marcha e inicio de operación de la infraestructura que permita mejorar el abasto y la calidad del agua en la Región Lagunera en el estado de Coahuila de Zaragoza
TC1522.3	Ingeniería de detalle, implementación, puesta en marcha e inicio de operación de la infraestructura que permita mejorar el abasto y la calidad del agua en la Región Lagunera en el estado de Durango
TC1523.3	Desarrollo y prueba de un mecanismo innovador para potabilización de agua
TC1524.3	Evaluación del producto Oil Spill Eater II (OSE II) para su empleo en biorremediación, y acciones de recuperación y limpieza de cuerpos de agua interiores afectados por derrame de hidrocarburos
TC1525.4	Control de malezas acuáticas y recuperación de las especies emblemáticas
TC1526.4	Mejora en el manejo de plantas acuáticas exóticas invasoras
TC1527.3	Desarrollo y prueba de un mecanismo innovador para potabilización de agua. (Anexo 2)
TC1529.3	Estudio de evaluación para el control de la floración de microalgas para restablecer el equilibrio de la red trófica en los embalses artificiales del Bosque de Chapultepec
TC1530.3	Estudio de evaluación para el control de la floración de microalgas para restablecer el equilibrio de la red trófica en los lagos naturales del Bosque de Chapultepec
TC1531.3	Proyecto de re-mineralización y estabilización del agua producto de la planta desalinizadora del PTI Litibú en Nayarit

TC1532.3	Determinación del origen de la contaminación en pozos de los ramales Santa Catarina, Tláhuac (Netzahualcóyotl) y Mixquic-Santa Catarina y estudio de alternativas de tratamiento para entrega de agua potable en los puntos denominados: Viveros, Cuenca Lechera, Villa Centroamericana, Liconsa y Hospital Psiquiátrico, Distrito Federal. Segunda parte
TC1533.3	Potabilización de agua para consumo humano en 14 fuentes de abastecimiento de la cuenca del río Sonora
TC1534.3	Servicio de muestreo, aforo y análisis de aguas residuales en el Estado de Morelos
TC1535.3	Estudio geofísico y geohidrológico de la cuenca de ciudad Chetumal. Diagnóstico de PTARS
TC1536.3	Reordenamiento de la Cuenca del Río Sonora, con la identificación de los usos principales de agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategias para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano. Medio ambiente
TC1538.3	Programa de monitoreo de las condiciones ambientales en la laguna Valle de las Garzas y laguna San Pedrito, Manzanillo Colima, año seis. Muestreo y análisis de calidad de agua y sedimento para la gestión de autorizaciones de vertimiento
TC1539.3	Programa de biomonitoreo de riesgo ecológico en ecosistema acuáticos de los ríos Bacanuchi y Sonora
TH1447.3	Actualización del estudio geohidrológico del acuífero Tomatlán (1424), en el estado de Jalisco
TH1514.3	Diseño y levantamiento del registro nacional de información estadística y geográfica del agua
TH1515.3	Evaluación de las capacidades de los modelos globales del experimento CMIP5 para identificar procesos de baja y alta frecuencia que afectan el clima mexicano como: ondas del este, ciclones tropicales, frentes fríos y nortes, corrientes en chorro (pacífico y caribe) y zona de convergencia intertropical en el periodo histórico 1979-2010, así como ofrecer el curso de variabilidad y cambio climático
TH1516.4	Análisis de Metodologías para la obtención de nuevos escenarios de cambio climático a menor escala, que incluyan métodos estadísticos y métodos dinámicos para México
TH1520.3	Servicios Analíticos del laboratorio de hidrología isotópica (servicios menores)
TH1527.3	Determinación del origen de la contaminación en pozos de los ramales Tláhuac (Netzahualcóyotl) y Mixquic-Santa Catarina y estudio de alternativas de tratamiento para entrega de agua potable en los puntos denominados: Viveros, Cuenca Lechera, Liconsa y Hospital Psiquiátrico, Distrito Federal. Segunda parte
TH1535.3	Estudio técnico justificativo para la supresión de la veda en la cuenca hidrológica denominada Río Santiago, a partir de la cortina de la presa Aguamilpa y el nacimiento del río Mololoa, hasta su desembocadura al Océano Pacífico
TH1537.3	Estudio de Ingeniería Básica para determinar el método óptimo de oxigenación del agua en la presa Valle de Bravo, Estado de México
TH1539.3	Estudio geofísico y geohidrológico de la cuenca de Ciudad Chetumal
TH1541.3	Reordenamiento de la cuenca del río Sonora, con la identificación de los usos principales del agua y mediante el establecimiento de metas de aprovechamiento de cada uso, alternativas y estrategia para implantar el uso eficiente del recurso, priorizando el uso de consumo humano. Capítulo 4 Parcial
TH1542.3	Caracterización geográfica de las cuencas de ocho presas de almacenamiento ubicadas en el Estado de Aguascalientes

<b>Objetivo 5. Difundir información y conocimiento científico y tecnológico en materia de agua para contribuir a una participación informada de la sociedad mexicana</b>	
CP1505.1	Casa editorial del agua
CP1506.1	Programa editorial y comunicación gráfica del IMTA
CP1508.1	Edición de la revista de divulgación Agua Simple.
CP1512.1	Fortalecimiento y puesta en marcha del observatorio de conflictos por el agua
CP1513.1	Agua y pueblos indígenas
CP1515.2	Edición de la revista Tecnología y Ciencias del Agua.
CP1524.2	Cátedra UNESCO-IMTA.
DP1510.1	Operación del Centro de Capacitación Jiutepec del IMTA y Auditorio
DP1516.2	Administración del Centro de Conocimiento del Agua
HC1507.1	Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores.
RD1503.1	Programa editorial de la Coordinación de Reigo y Drenaje 2015
TH1510.1	Geoportal para acceso y consulta del acervo institucional de información geográfica. Segunda parte
TH1511.1	Aplicación agrícola y meteorológica con los datos de la red de estaciones agroclimáticas de la red Morelos
TH1512.1	Operación y actualización del sistema de verificación de pronóstico de lluvia máxima
HC1420.4	Espacios de educación ambiental y cultura del agua

<b>Objetivo 6. Consolidar la cooperación técnica internacional del IMTA en materia de agua</b>	
TH1506.1	Programa Hidrológico Internacional.
CE1101.9	Proyecto de adaptación de humedales costeros del Golfo de México, ante los impactos del cambio climático.
CP0925.7	Vital and viable services for natural resource management in Latin America.
TC1371.4	Mejoramiento de las condiciones sanitarias en tres escuelas periurbanas con escasos recursos hídricos y económicos en el Estado de México (segunda parte, ampliación)
TC1451.4	Servicios de consultoría al programa de protección ambiental municipal, México (II).
TH1522.3	Elaboración de documentos de análisis a partir de los productos de conocimientos del PHI para su difusión en México y Latinoamérica
TH1523.3	Acciones de la CONAGUA en la Agenda Hídrica Internacional 2015