

CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

INFORME ANUAL IMTA 2011

CONTENIDO

PRESENTACIÓN

Mensaje del Director General	3
El IMTA en México	5
El IMTA en síntesis	6

RESULTADOS RELEVANTES

1 Investigación, desarrollo tecnológico e innovación	13
2 Asesoría y servicios tecnológicos	42
3 Formación de recursos humanos	120
4 Promoción y difusión del conocimiento	133
5 Otras actividades relevantes	141
6 Premios y distinciones	146

ANEXOS

1 Vinculación con centros de investigación y desarrollo tecnológico	148
2 Administración	151
3 Proyectos 2011 que conforman estrategias integrales de atención	152
4 Catálogo de proyectos desarrollados (diciembre 2011)	155

PRESENTACIÓN

Mensaje del Director General

Este 2011 el Instituto Mexicano de Tecnología cumplió 25 años. Durante ellos, como centro de investigación del sector hídrico, ha construido un conocimiento científico y tecnológico a partir de una visión basada en el trabajo multidisciplinario de sus investigadores y la colaboración interinstitucional. El quehacer diario del IMTA, proporciona soluciones a los diversos actores y usuarios del sector agua y medio ambiente, ante los retos y problemas complejos que experimenta el país en la materia. Asimismo, provee información científica para que los tomadores de decisiones soporten con mejores criterios el diseño y ejecución de políticas públicas que respondan a la problemática hídrica propia de nuestra nación. El IMTA provee innovaciones que se aplican en diversas regiones de nuestro país.

El presente volumen Conocimiento y Tecnología para la Gestión Sustentable del Agua. Informe Anual IMTA 2011 muestra los principales resultados y avances alcanzados en este periodo en los proyectos y actividades llevados a cabo por el Instituto.

Algunos de los proyectos desarrollados que ilustran la amplia gama y alcance de sus resultados, son: Acciones de adaptación al cambio climático en los recursos hídricos, Pronóstico meteorológico e hidrológico, incluyendo la relación océano-atmósfera; Investigación hidrogeoquímica del arsénico en el sistema acuífero de la Comarca Lagunera; Modelación de los escurrimientos del río Verde, tramo presa Ricardo Flores Magón-desembocadura; Análisis técnico y económico de tecnologías para remoción de fluoruros; Sistema de información geográfica G-InvIH; Estudio hidrológico del Valle de Vizcaíno: modelo conceptual y análisis piezométrico del acuífero Vizcaíno, BCS; Introducción de tecnologías apropiadas de saneamiento y tratamiento de aguas residuales en la operación del Programa Hábitat-SEDESOL; Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológico-administrativas; Apoyo y supervisión en el mejoramiento de la medición en infraestructura hidroagrícola en obras de toma de presas de almacenamiento y canales de los distritos de riego; Desarrollo de un sistema de gestión de la calidad para la operación de las estaciones agroclimáticas; Estudio y asistencia técnica para la licitación e instalación de siete plantas potabilizadoras para remoción de arsénico en Torreón; Diseño y pruebas de funcionamiento de una planta potabilizadora demostrativa unifamiliar o comunitaria para la comunidad rural Peregrina, Guanajuato, y Estudio socioeconómico para la reestructuración tarifaria de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

De igual forma, se han venido efectuando proyectos conjuntos con otros centros nacionales e internacionales de investigación e instituciones de educación superior. Con la Universidad Nacional Autónoma de México: Filtración de aguas residuales

con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes; con la Universidad Politécnica de Morelos: Tratamiento de lixiviados procedentes del cultivo de jitomate hidropónico, para su integración a la solución nutritiva; con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California: Nivelación de precisión a lo largo de circuitos dentro de la zona con hundimientos del Distrito de Riego 014, Río Colorado, y con el Centro de Investigación Industrial de Quebec: Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas y Mantenimiento y seguimiento de la vitrina tecnológica BIOTROP en la escuela Secundaria No. 2 de Cuernavaca, Morelos.

En lo referente a la formación de recursos humanos especializados, se encuentran, entre otros, los proyectos: Maestría y doctorado en Gestión Integral del Agua en Cuencas y Acuíferos, del Posgrado en Ciencias y Tecnología del Agua; Programa de Capacitación Presencial para el Sector Hídrico 2011 e Instrumentación de un programa de capacitación y certificación de las competencias laborales del personal para la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Tabasco (CEAS-Tabasco) 2011.

Es así que el IMTA, ahora con 25 años de existencia y como Centro Público de Investigación, renueva su compromiso y esfuerzo para generar y diseminar conocimiento e innovación en el ámbito del agua con el fin último de favorecer el mejoramiento de la calidad de vida de los mexicanos.

El IMTA en síntesis

Potencial humano

Número de personas: 403

PERSONAL POR NIVEL DE PUESTO

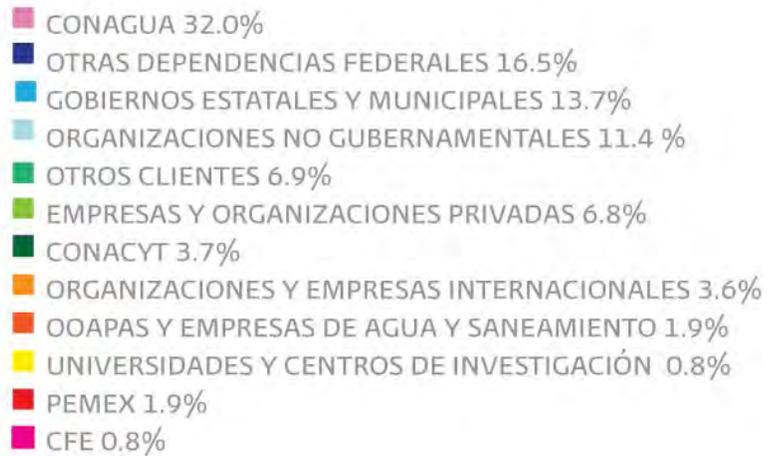


PERSONAL POR GRADO ACADÉMICO

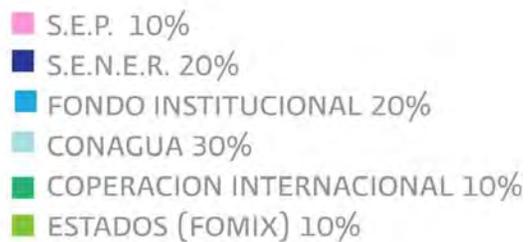
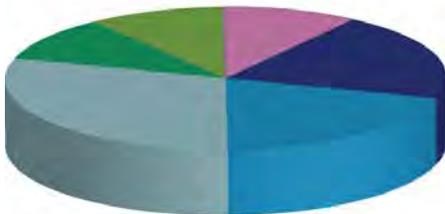


Instituciones con las que colabora el IMTA

USUARIOS

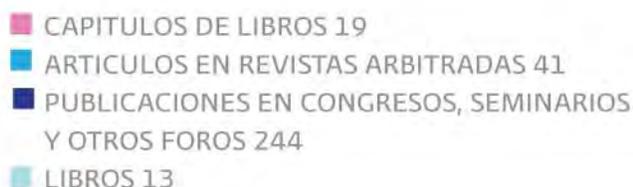


INVESTIGACIÓN CON FONDOS CONACYT



Producción

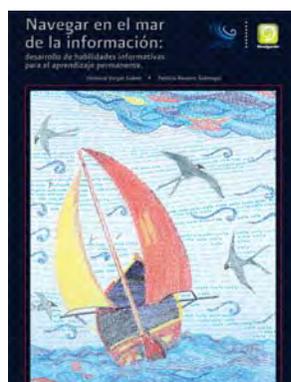
PUBLICACIONES



Libros editados

Título	ISBN	Editorial	Autor	Lugar y fecha de publicación
<i>Conocimiento e innovación en la gestión sustentable del agua. XXV aniversario del IMTA</i>	978-607-7563-35-8	IMTA	Varios. (Ed. Polioptro Martínez, Fernando Reyna y Luis Álvarez)	Jiutepec, Morelos, agosto 2011
<i>Gasto formativo</i>	978-607-7563-27-3	IMTA	Javier Aparicio, Juan Ramírez y Roberto Mejía	Jiutepec, Morelos, septiembre 2011
<i>Manual de análisis de frecuencias en hidrología</i>	978-607-7563-30-3	IMTA	Juan Francisco Gómez, Javier Aparicio y Carlos Patiño	Jiutepec, Morelos, septiembre 2011
<i>Capitales de la comunidad, medios de vida y vulnerabilidad social ante huracanes en la costa yucateca</i>	978-9977-57-540-7	IMTA-Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	Denisse Soares, Isabel Gutiérrez, Roberto Romero, Víctor López, Gonzalo Rivas y Gustavo Pinto	Jiutepec, Morelos, septiembre 2011
<i>Usumacinta. Bases para una política de sustentabilidad ambiental</i>	978-607-7563-37-2	IMTA	Javier de la Maza, Julia Carabias, Carlos Ramírez y Paula Meli	Jiutepec, Morelos, noviembre 2011
<i>Diseño hidráulico de vertedores</i>	978-607-7563-25-9	IMTA	Felipe Arreguín y Víctor Hugo Alcocer	Jiutepec, Morelos, diciembre 2011 Versión digital

<i>Navegar en el mar de información: desarrollo de habilidades informativas para el aprendizaje permanente</i>	978-607-7563-45-7	IMTA	Patricia Navarro y Verónica Vargas	Jiutepec, Morelos, diciembre 2011 Versión digital
<i>El desarrollo rural del trópico mexicano. Memorias</i>	978-607-7563-46-4	IMTA	Varios. (Ed. Raúl Medina)	Jiutepec, Morelos, diciembre 2011 Versión digital
<i>Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro: aportes en gestión ambiental para el fomento del desarrollo sustentable</i>	978-607-7563-39-6	IMTA-Universidad Autónoma del Estado de Morelos- Universidad Nacional Autónoma de México	Varios. (Rubén Huerto, Sergio Vázquez y Carlos Ortiz)	Jiutepec, Morelos, diciembre 2011 Versión digital
<i>Metodología: Escuela de género y agua</i>	978-607-7908-28-9	IMTA-SEMARNAT	Denise Soares, Hilda Salazar, Rebeca Salazar y Brenda Rodríguez	México, 2011
<i>Plan rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la península de Yucatán</i>	978-607-7563-36-5	IMTA	Varios. (Ed. Nahún H. García Villanueva)	Jiutepec, Morelos, 2011
<i>IV Curso-Taller Latinoamericano en Control Biológico de Malezas</i>	978-607-7563-34-1	SEMARNAT - FAO	Maricela Martínez Jiménez	México, 2011
<i>Descubre una cuenca: río Santiago</i>	Sin número	Comisión Nacional del Agua y Consejo de Cuenca del Río Santiago	Rita Vázquez del Mercado, Rosalinda Uribe, Fernando Leyva, Jorge Hidalgo y otros.	Oaxaca, Oaxaca, junio de 2011.



Patentes 2011

Núm.	Nombre	Estatus
1	Mejoras en tanque para depósito de agua de sanitarios.	Título 188757
2	Banco universal de pruebas para dispositivos domésticos utilizadores de agua y similares.	Título 202202
3	Dispositivo para aeración y circulación de lagos y embalses.	Título 273455
4	Remoción de hierro y manganeso por adsorción-oxidación sobre zeolita natural. Método para formar el medio de contacto y regenerar su capacidad de adsorción.	Título 221687
5	Banco de pruebas de los elementos que conforman las tomas domiciliarias.	Título 233877
6	Método para el tratamiento de lodos provenientes del tratamiento de agua, recuperación de coagulante y disposición 50% IMTA/SILICATOS.	Título 227928
7	Mezcla cruda para la producción de Clinker de cemento tipo Portland resistente a la corrosión microbiológica.	Título 282541
8	Válvula con cámaras de amortiguamiento paralelas para la separación y expulsión de aire en la toma de agua domiciliaria.	Título 237185
9	Sistema de floculación accionado por aire.	Título 250205
10	Formulación de micoherbicida para el control del lirio acuático.	Título 286577
11	Estructura para disipación de energía y aeración de corrientes.	Examen de fondo
12	Limitador de gasto para redes de riego a presión.	Examen de fondo
13	Banco de pruebas para válvulas hidráulicas de compuerta y mariposa 2" hasta 12".	Examen de fondo

14	Utilización del tabachín y de la jacaranda en biofiltros utilizados en el tratamiento de aguas residuales (copropiedad IMTA/CRIQ).	Examen de fondo
15	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.	Examen de fondo
16	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
17	Proceso de tratamiento biológico aerobio de aguas residuales, mediante biocinta sumergida e instalación para su realización (BIOSTAR 1).	Examen de fondo
18	Soporte universal de válvulas para el llenado de albercas y los procesos de montaje del soporte universal de válvulas para el llenado de albercas.	Examen de fondo
19	Barredora portátil para albercas por impulsión hidráulica y procesos de barrido de albercas por impulsión hidráulica.	Examen de fondo
20	Método de biofiltración de un efluente líquido.	Examen de fondo
21	Tratamiento de lixiviados de solución nutritiva y su reúso en cultivos de hidroponía.	Examen de fondo
22	Estructura orientadora de flujo de vertedores de excedencias tipo abanico completo.	Examen de fondo
23	Modificación a la tecnología de filtración en múltiples etapas para reúso de agua en la acuicultura, con descarga cero.	Examen de fondo
24	Sistema combinado de biofiltración-humedal para el tratamiento de aguas residuales de viviendas unifamiliares.	Examen de fondo
25	Dispositivo aspersor modificado para riego.	Examen de fondo

26	Remoción de nitrógeno en un reactor biológico por combinación de biomasa sumergida en lecho fijo, y suspensión (modificación del sistema de lodos activados Ludzack-Ettinger).	Examen de fondo
27	Sistema de calibración para sensores de temperatura (SICAST).	Examen de fondo
28	Sistema de calibración para sensores de humedad relativa.	Examen de forma
29	Utilización de bagazo de agave y de cáscara de nuez en biofiltros utilizados para el tratamiento de líquidos residuales.	Examen de forma
30	Sistema electrónico portátil para simplificar la medición del flujo de agua en canal abierto.	Modelo de utilidad
31	Concentrador solar de paredes planas para la desinfección del agua para consumo humano.	Modelo de utilidad
32	Biorreactor como planta de tratamiento compacta de aguas residuales municipales con un soporte sintético.	Modelo de utilidad

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

- ***Acciones de adaptación al cambio climático en los recursos hídricos***

El IMTA realiza acciones sinérgicas en el sector para apoyar la generación de conocimientos sobre el ciclo hidrológico y, en particular, contribuir a la reducción de la vulnerabilidad de los recursos hídricos ante los efectos del cambio climático a través de la modelación matemática del clima y la elaboración de estudios de evaluación de este fenómeno sobre el ciclo hidrológico. Para ello, se ha mantenido una estrecha colaboración con diversas dependencias de sector.

En este periodo, se generó un documento técnico-científico que incluye acciones inmediatas de adaptación, considerando la cantidad y calidad de agua disponible en las zonas más vulnerables de México, alineado con los respectivos programas estatales de cambio climático desarrollados en el marco del Programa Especial de Cambio Climático.

Las medidas de adaptación propuestas apoyan los trabajos del sector medio ambiente, en particular, en lo referente al recurso hídrico.

Mediante talleres y participación en foros nacionales e internacionales, se han mostrado los resultados de este estudio estableciendo propuesta de medidas de adaptación a los tomadores de decisión: directores de organismos internacionales (BID, Banco Mundial), CONAGUA, INE, organismos y consejos de cuenca, SAGARPA, entre otros. Cabe mencionar que los escenarios climáticos desarrollados por el IMTA por consenso del Comité Intersecretarial de Cambio Climático, serán los utilizados por la Quinta Comunicación Nacional de México ante el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU.

Lo realizado hasta ahora permitirá a quienes deciden y a los responsables de planeación en los ámbitos local y nacional, instrumentar acciones y contribuir al desarrollo e implementación de políticas públicas en materia de cambio climático.

- ***Paleotempestología de la región del Caribe: estudio de la variabilidad espacio-temporal de la actividad de huracanes***

El estudio de los huracanes es importante en la investigación del cambio climático, en especial aquellos que inciden en el Caribe. Para conocer y caracterizar mejor el impacto de los ciclones tropicales en el último milenio, en 2003 se propuso al Inter-American Institute for Global Change Research (IAI, por sus siglas en inglés) un

proyecto piloto de investigación acerca de los huracanes que han afectado en los últimos siglos a las costas de Centroamérica, Caribe y Golfo de México. Durante 2004 y 2005 se formó un grupo de investigadores para la reconstrucción climática de huracanes que iniciaron una colaboración interdisciplinaria y desarrollaron otra propuesta de mayor alcance.

En los últimos cinco años, se ha estudiado la variabilidad espacial y temporal de la actividad de los huracanes en el Caribe a lo largo de múltiples escalas temporales, con intervalos de años a milenios, empleando los principios y métodos de la paleotempestología, una reciente disciplina científica que estudia la actividad ciclónica tropical del pasado por medio de técnicas geológicas y de investigación histórica. El IMTA contribuye a analizar diferentes aspectos como son: el forzamiento solar, las condiciones climáticas propicias/adversas para la generación de huracanes a lo largo del tiempo y las influencias de las oscilaciones multidecadales del Atlántico.

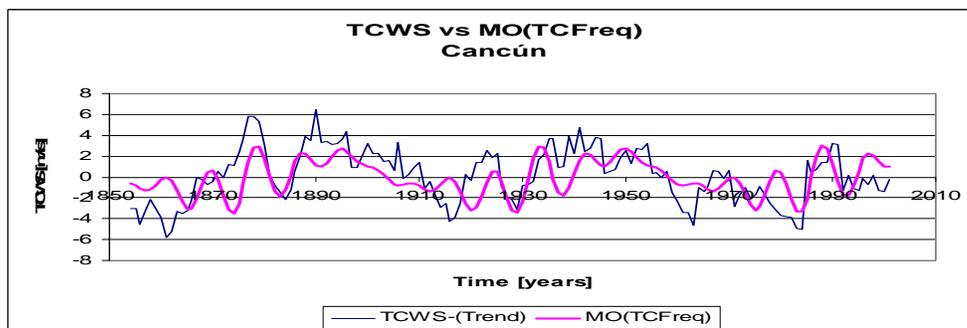
Los principales resultados han sido la obtención de la historia climática de los últimos mil años del Caribe, el pronóstico interanual y multidecadal de huracanes, el pronóstico multidecadal El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés), el pronóstico solar para las próximas décadas y las velocidades máximas del viento ciclónico.

Con ello se ha logrado mejorar el conocimiento de la variabilidad de huracanes en el Caribe, la actualización de las velocidades máximas del viento ciclónico y de las alturas máximas del oleaje ciclónico para el diseño de infraestructura y el establecimiento de una red internacional de investigadores enfocada en el análisis de la variabilidad climática de los ciclones tropicales.

Sin embargo, se requiere continuar esta línea de investigación para identificar los impactos en la disponibilidad de los recursos hídricos en las diferentes regiones de México, cuando se consideren tendencias climáticas actuales como son: a) La tendencia decreciente de ciclones tropicales en el Atlántico, b) la tendencia decreciente de las temperaturas del Pacífico ecuatorial central, que comenzó en 1994 (tendencia del ENSO hacia Niña) y se espera continúe dos décadas más, y c) la tendencia decreciente de actividad solar pronosticada para las próximas décadas.



Sitios para estudiar la información paleoclimática de huracanes.



Comparación de velocidades máximas del viento ciclónico reconstruidas en Cancún, QR, y las oscilaciones multidecenales de la frecuencia de ciclones tropicales del Atlántico.

- ***Punto Nacional de Contacto Sectorial en el Área Prioritaria de Medio Ambiente y Cambio Climático***

El objetivo principal de este proyecto es crear una infraestructura de enlace coordinada por el Punto Nacional de Contacto Sectorial (PNCS) en Medio Ambiente y Cambio Climático, que realice y mantenga un mapeo de las capacidades científicas y tecnológicas nacionales. Con ello se busca promover la articulación de Redes de Cooperación Tecnológica con la comunidad científica y tecnológica internacional, empresas, centros de investigación, instituciones de educación superior, cámaras y asociaciones y, en general, actores asociados al tema prioritario de medio ambiente y cambio climático, en particular, con los capítulos en el extranjero conformados por la red de talentos mexicanos en el exterior, auspiciados por el Instituto de Mexicanos en el Exterior de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

Entre los principales resultados destacan: actualización y mantenimiento de mecanismos de promoción y difusión mediante la permanencia y actualización del PNCS en el tema de medio ambiente y cambio climático (<http://pncs.imta.gob.mx>); también se actualizó el mapa de instituciones y empresas que trabajan con el tema

de medio ambiente y cambio climático, tanto a nivel nacional como internacional. El IMTA, como PNCS en Medio Ambiente y Cambio Climático, ha colaborado de manera muy activa en jornadas informativas organizadas por el Instituto de Mexicanos en el Exterior, con la presencia de los capítulos de mexicanos en el exterior de los cinco continentes, que conforman la red de talentos a nivel mundial. Asimismo, se ha participado en talleres en el tema de Agua, Medio Ambiente y Cambio Climático, dentro del Séptimo Programa Marco de Cooperación con la Unión Europea.

Con lo anterior, el IMTA contribuye a proponer iniciativas de colaboración con extranjeros o mexicanos residentes en el exterior y con expertos dentro del territorio nacional, que trabajen en el tema de medio ambiente y cambio climático, con la finalidad de fortalecer la internacionalización de las instituciones científicas y tecnológicas mexicanas, para generar proyectos de alto valor agregado con un efecto positivo sobre la competitividad, el crecimiento y el empleo en la economía nacional, así como, aprovechar el potencial de la red de talentos mexicanos en el exterior.



- ***Pronóstico meteorológico e hidrológico, incluyendo la relación océano-atmósfera***

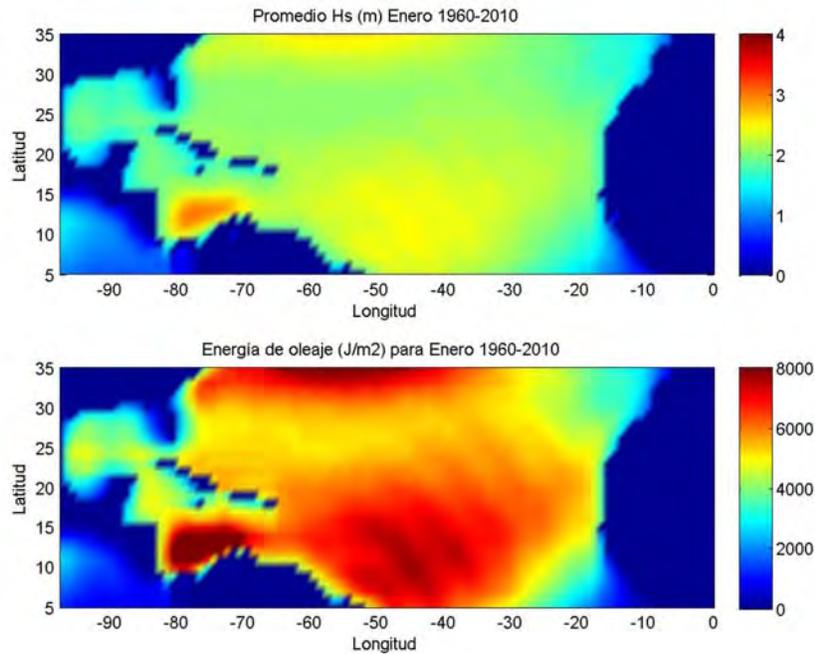
Los modelos numéricos de la atmósfera y del océano han tenido en los últimos años un creciente uso, tanto por su desempeño favorable como por el desarrollo y acceso a nueva tecnología de cómputo. Los modelos de oleaje manejan la fluctuación en tiempo y espacio del oleaje mediante una ecuación de conservación de energía, la cual considera la energía del oleaje, velocidad de propagación y su fuente energética. Los modelos atmosféricos incorporan la física de los procesos que interactúan en la atmósfera, como son las interacciones topografía-suelo-

planta-atmósfera, que han probado ser procesos a los que la atmósfera responde en forma directa e inmediata.

Por otra parte, la física de nubes y termodinámica asociada ha mejorado en cuanto a que nuevas parametrizaciones son incluidas en dichos modelos, trayendo con ello mejores representaciones de precipitación pluvial tanto de lluvia convectiva como de lluvia estratiforme.

En el IMTA se realizan 41 años (1960-2010) de simulaciones de oleaje con el modelo *WAM (Wave Modelling Group)* para determinar las zonas costeras con mayor potencial energético. Se observa que los meses con mayor potencial energético por oleaje en las costas mexicanas son: enero, febrero y marzo, coincidiendo estos meses con la temporada de frentes fríos en el país, sobrepasando el oleaje máximo generado durante la temporada de huracanes. Además, es evidente la relación directa entre la altura de ola significativa y la energía de las mismas.

A pesar que cada vez los modelos numéricos de la atmósfera interpretan mejor la física de los procesos, es evidente que no existe un modelo perfecto; sobre todo en la predicción de lluvia se observan grandes variaciones tanto en los modelos como en las diferentes parametrizaciones de nubes cúmulo. Para el pronóstico de precipitación en las cuencas hidrológicas de México, se determinó utilizar cuatro de los modelos de mayor uso y aceptación a nivel mundial: *GFS*, *MM5*, *NAM* y *Weather Research and Forecasting (WRF)*. Asimismo, se desarrolló un sistema automatizado para descargar diariamente de la NOAA los resultados de los modelos *GFS* y *NAM*, así como para que se ejecutaran en los servidores del IMTA (*GAIA* y *GALILEO*) los modelos *MM5* y *WRF*. El sistema automatizado genera el pronóstico de lluvia por cuenca hidrológica e incorpora los resultados en el portal web (<http://galileo.imta.mx>). Adicionalmente, durante el proyecto se mejoró la interfaz y los productos publicados en el portal.



Promedio para el mes de enero de altura significativa y energía de oleaje para el Océano Atlántico (periodo 1960-2010).



Página principal de <http://galileo.imta.mx>

- **Investigación hidrogeoquímica del arsénico en el sistema acuífero de la Comarca Lagunera**

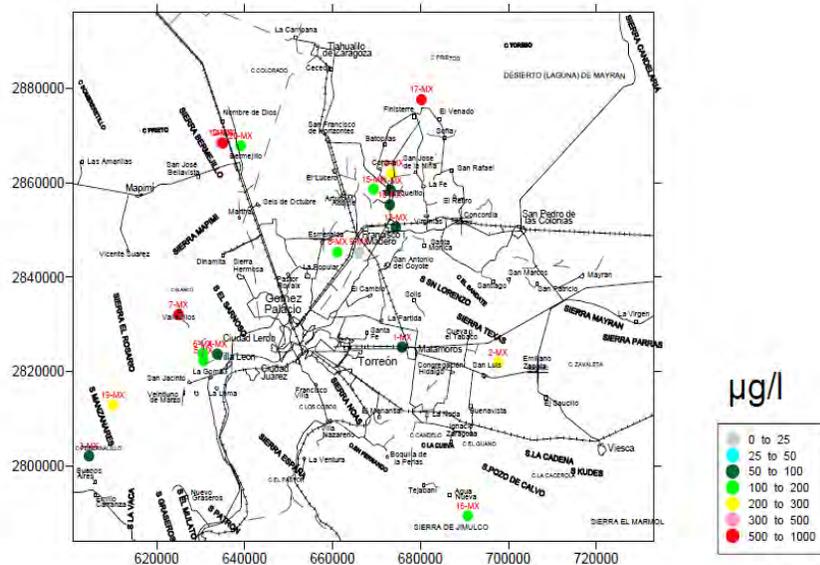
El tratamiento en la zona profunda del agua subterránea ha sido exitosamente aplicado en la remoción de hierro y manganeso. El procedimiento está basado en el bombeo del agua subterránea de un pozo a otro después de la inyección de oxígeno

atmosférico. El pozo de recarga puede ser posteriormente utilizado como fuente de abastecimiento de agua. Esta técnica puede también ser aplicada para reducir las concentraciones de arsénico en agua subterránea que contiene grandes cantidades de arsénico y hierro. El Instituto de Manejo de los Recursos Hídricos de la Universidad Leibniz de Hannover (WAWI, por sus siglas en alemán) desarrolló una tecnología de tratamiento in situ, la cual es aplicable a enlaces orgánicos e inorgánicos de especies arsenicales. Sin embargo, el diseño de una estrategia de remediación in situ requiere del conocimiento de la geoquímica e hidrología del sistema acuífero donde se mueve el agua subterránea y el arsénico.

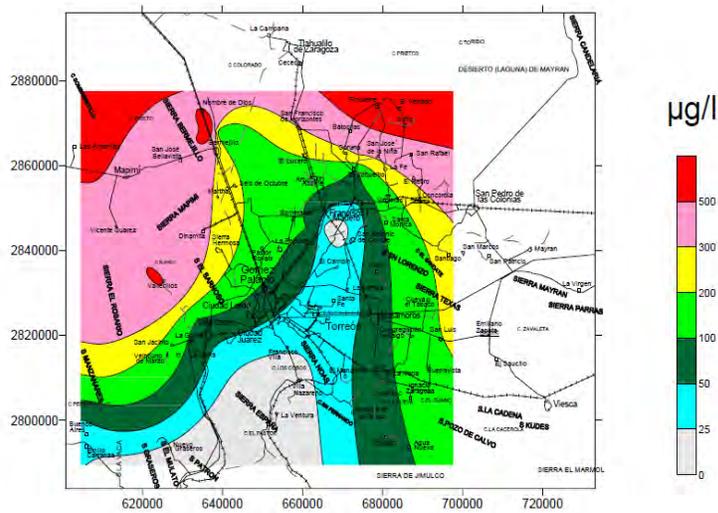
Los principales resultados a la fecha son: la modelación geoestadística tridimensional con el fin de determinar los estratos más ricos en arsénico y su distribución, sus curvas de isovalores y otros elementos de las muestras de agua subterránea de los años 1991, 2006 y 2010 del acuífero principal de la Comarca Lagunera mediante el programa SURFER. Con ello se determinó la evolución del arsénico y otros elementos en tiempo y espacio, así como el posible incremento con la profundidad.

También, se hizo la modelación geoquímica de los resultados analíticos con los modelos *Aquachem 4.0* y *PHREEQC-2* para estudiar los procesos geoquímicos, con el fin de encontrar el origen de la contaminación por arsénico y las condiciones adecuadas para el tratamiento in situ. Se obtuvo la matriz de correlación entre los parámetros medidos y calculados, la interpretación de la interacción agua roca y el cálculo de los índices de saturación de minerales seleccionados.

Con base en los resultados de la actividad anterior, se está en proceso de seleccionar los sitios donde sea posible aplicar el tratamiento in situ. Lo anterior será definido de común acuerdo con los investigadores de la Universidad Leibniz de Hannover.



Distribución de las concentraciones de arsénico en 2010 (µg/l).



Localización de los sitios muestreados.

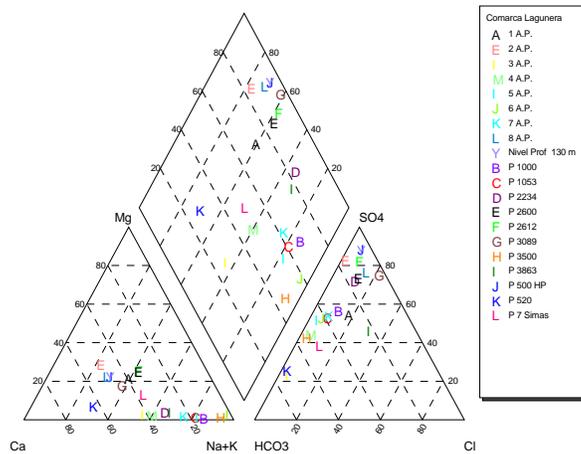


Diagrama de Piper.

- **Simulación física y matemática del flujo en vertedores escalonados**

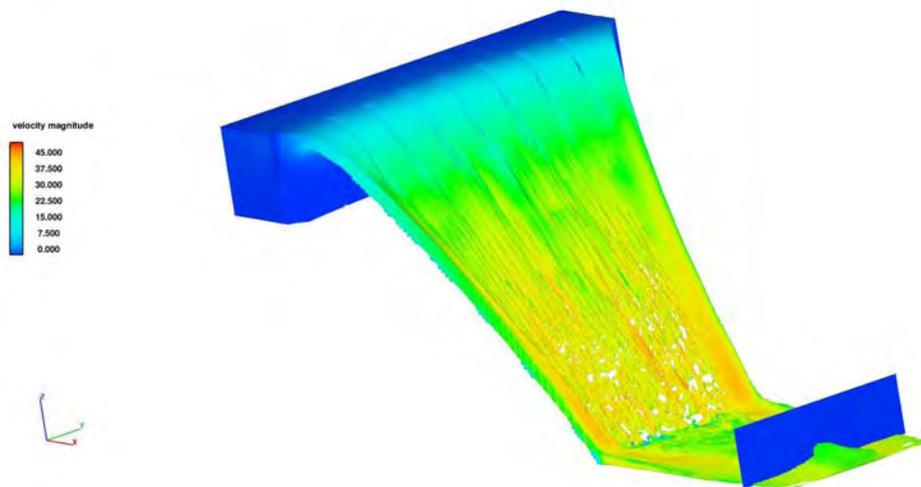
El diseño de vertedores escalonados se ha llevado a cabo mediante el uso de modelos físicos de laboratorio. En este tipo de estudios, los efectos de escala (sobre todo para grandes presas) y la falta de instrumentación adecuada para medir las velocidades y presiones en el dominio de cálculo, son algunos problemas con los que los modeladores se enfrentan.

Para evitar dicha problemática, se trabaja en una línea de investigación que recurre a la modelación y simulación numérica del vertedor escalonado, adoptando sus dimensiones de prototipo. Hasta ahora, los resultados han sido satisfactorios, ya que ha sido factible visualizar y obtener el comportamiento y los valores de nivel de la superficie libre, así como los de la presión y la velocidad en toda la región de flujo.

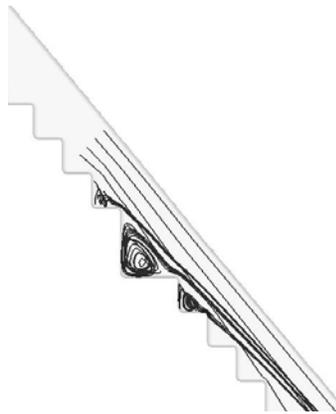
En 2011 se realizaron diferentes pruebas numéricas mediante las cuales fue posible reproducir tanto el flujo entre escalones como el rasante en diferentes geometrías de vertedores escalonados. Los resultados permiten establecer criterios para revisar y mejorar el diseño de los vertedores escalonados y, consecuentemente, reducir el número de propuestas de geometría a ser analizadas en modelos físicos. De hecho, la calidad y confiabilidad de la modelación numérica es tal que se podría utilizar para el diseño de este tipo de estructuras hidráulicas y, a partir del mismo, pasar directamente a su verificación en modelo físico. Bajo este escenario, la combinación de la modelación matemática con la modelación física permite reducir los errores por efecto de escala, así como los tiempos y costos asociados con el estudio, diseño, mano de obra, instrumentación y verificación de este tipo de vertedores.

La estructura presentada a continuación corresponde al vertedor de la presa El Zapotillo, Jalisco. Tiene 95 escalones con altura y huella de 1.5 m y 1.25 m, respectivamente; su rápida posee una longitud de 153 m, su gasto de diseño es de 5,050 m³/s y la carga estimada sobre el vertedor de 6.76 metros.

La simulación numérica se realizó sobre una malla con aproximadamente 150,000 celdas de tamaños 0.25 m x 0.25 m en los ejes x y z, los cuales son paralelos a la huella y altura del escalón. Como condición de frontera aguas arriba, se impuso el nivel de la carga de diseño permanente. Bajo estas condiciones, se utilizaron las dimensiones del prototipo y consecuentemente no se introdujeron factores de escala.



Modelación numérica del vertedor escalonado de la presa el Zapotillo, Jalisco.



Líneas de corriente dentro de un escalón en rápida del vertedor. Modelación numérica.

- ***Evaluación de dos técnicas emergentes para medir la velocidad del agua en canales y ríos***

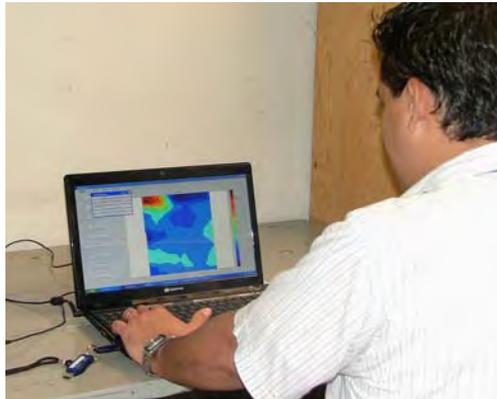
Los velocímetros portátiles (molinete, velocímetro ultrasónico de efecto Doppler y velocímetro electromagnético), se utilizan comúnmente para determinar el caudal o para investigar la hidrodinámica de canales y ríos. Sin embargo, estos instrumentos deben sumergirse, lo cual no siempre es práctico: en particular, puede ser tardado y peligroso cuando el agua fluye rápidamente. Por lo tanto, resulta a veces deseable contar con técnicas para medir la velocidad del agua a distancia. Bajo este contexto, algunas técnicas están emergiendo desde hace diez años; en el IMTA, se han probado dos de ellas:

- *Velocimetría por imágenes de partículas a gran escala (LSPIV)*. Dicha técnica permite determinar un campo de velocidad en la superficie del agua, mediante la filmación de un gran número de trazadores que siguen la corriente. Para implementar la técnica, se adquirió un programa de cómputo para procesar imágenes (*software* "MAT_LSPIV") y se probaron distintos tipos de trazadores (confetis, pedazos de hojas, esferas de plástico). También, se compararon en el laboratorio y en el campo los resultados de la LSPIV con datos de velocidad obtenidos de una manera convencional.
- *Radar portátil de efecto Doppler*. En este caso, se trata de un instrumento comercial que se parece a una pistola (*radar gun*) y que emite microondas (en la banda "Ka"); según su fabricante, puede determinar la velocidad de una pequeña zona en la superficie del agua. Para implementar la técnica, se consiguió un ejemplar del radar (modelo "Stalker Pro II SVR"), y se probó su respuesta a distintos ángulos de incidencia. También, se hicieron varias pruebas donde se compararon los datos proporcionados por el radar con datos obtenidos convencionalmente.

Con base en las pruebas realizadas, se concluyó lo siguiente:

- La LSPIV es una técnica muy atractiva cuando se pretende investigar el campo de velocidad en la superficie de un canal; sin embargo, se debe tener un cierto cuidado al momento de elegir el tipo de trazador y durante el procesamiento de las imágenes (que puede tardar hasta una hora).
- El radar probado es de fácil uso; a pesar de que no es preciso en la práctica (incertidumbre de ± 0.2 m/s, para velocidades mayores a 0.4 m/s), puede ser útil para verificar rápidamente datos de velocidad proporcionados por instrumentos convencionales, estimar la velocidad máxima del agua durante una avenida o investigar el comportamiento de algunos vertedores.

Finalmente, debe recordarse que las dos técnicas probadas sólo permiten determinar la velocidad superficial del agua. Sin embargo, bajo ciertas condiciones (al respecto, ver por ejemplo la norma ISO 748: 2007), es factible utilizar esta información para estimar el caudal en canales.

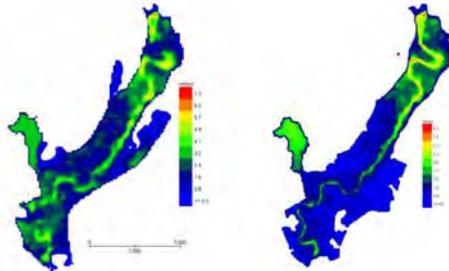


Realización de pruebas con el radar portátil de efecto Doppler (izquierda) y con la técnica LSPIV (derecha).

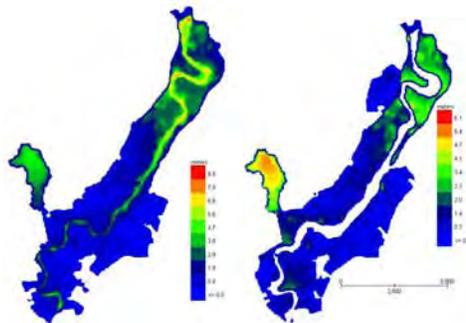
- ***Modelación de los escurrimientos del río Verde, tramo presa Ricardo Flores Magón-desembocadura***

Este proyecto da continuidad a los trabajos realizados durante el periodo 2008-2010 en el río Verde Oaxaca, encaminados a establecer las condiciones actuales de los escurrimientos en la parte baja del río, desde el sitio proyectado de la presa Paso de la Reina hasta su desembocadura en el océano Pacífico. En este caso, se analizó la interacción del río Verde con las zonas aledañas inundables, en particular con el Parque Nacional Chacahua y las lagunas Chacahua y El Espejo, y así determinar si dicha interacción se verá impactada con la presencia de la presa en proyecto Paso de la Reina.

Se desarrolló una aplicación del modelo hidrodinámico bidimensional *FLO2D*, utilizando diversos tamaños de malla para la zona baja del río Verde, en el tramo comprendido entre la presa derivadora Ricardo Flores Magón y la desembocadura (utilizando la topografía levantada durante el año 2010). Los resultados muestran la importancia que tiene la adecuada discretización del dominio de cómputo y la calidad de la información topográfica disponible.



Comparación de profundidades máximas para dos tamaños de malla, en el río Verde, Oaxaca, tramo presa derivadora Ricardo Flores Magón-desembocadura.



Comparación de profundidades máximas para el mismo tamaño de malla y dos tipos de modelaciones, en el río Verde, Oaxaca, tramo presa derivadora Ricardo Flores Magón-desembocadura.

- ***Evaluación de filtros biológicos de arena como sistemas de desinfección unifamiliares en comunidades rurales***

Las áreas rurales marginadas de México generalmente no cuentan con sistemas de potabilización de agua, condición que se asocia con los índices de enfermedades y mortandad infantil por infecciones y afectaciones de origen hídrico. Esta problemática plantea la necesidad de buscar alternativas de solución que sean confiables y de bajo costo, tanto en lo que se refiere a su adquisición como su operación y mantenimiento.

La filtración biológica representa una opción, potencialmente accesible y de fácil introducción, transferencia y apropiación. La biofiltración puede llevarse a cabo en medios porosos o granulares, como la arena o la antracita, y a través de medios fibrosos. Tiene la particularidad de que purifica el agua en una sola operación, lo cual ocurre mediante la sinergia de procesos físico-químicos y biológicos que en el lecho filtrante se desarrollan.

Entre las ventajas de este sistema se enumeran la reducción de microorganismos patógenos hasta en un 100%, ocupa poco espacio, es de fácil operación y mantenimiento, puede aplicarse a cualquier núcleo de población, independientemente del tamaño, y además es un sistema significativamente más económico que los convencionalmente empleados para la potabilización de agua.

Con el fin de profundizar, adaptar e innovar en torno a esta tecnología, como alternativa de desinfección de agua en comunidades rurales, en el IMTA se diseñaron y construyeron dos tipos de biofiltros, uno de base rectangular y otro de forma cilíndrica, de concreto o polietileno de alta densidad. En el caso del biofiltro de concreto, el cuerpo del prototipo rectangular se fabricó utilizando un molde metálico. Los de polietileno de alta densidad (PEHD) se fabricaron en dos formas geométricas: rectangular en placa de 3/8" de espesor y cilíndrico de 10" de diámetro.

Para evaluar la eficiencia de los filtros, se empleó agua proveniente de un sedimentador secundario del proceso de lodos activados. Después del tiempo necesario para la formación de la biocapa (del orden de un mes), el agua fue caracterizada a la entrada y a la salida de los filtros para evaluar el porcentaje de remoción de micro-organismos patógenos. Los prototipos evaluados, tanto de concreto como de polietileno de alta densidad, evidencian un gran potencial de remoción; sin embargo, durante el tiempo de operación (un mes después de haberse formado la biocapa), se alcanzó menos del 90% de remoción de micro-organismos, quedando abajo del 99.9% esperado. A raíz de estos resultados, para 2012 se ha programado una serie de pruebas con periodos de duración mayores, con lo que se tendrá una mejor evaluación e información para emitir una adecuada recomendación sobre su implementación, puesta en marcha, operación y mantenimiento. Cabe resaltar que en la literatura especializada existen reportes de este tipo de biofiltros que alcanzan la remoción esperada, de ahí el interés por continuar con estos estudios.



Prototipos rectangulares de cemento (izquierda). Prototipo cilíndrico de PEHD.

- ***Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas (IMTA-CRIQ)***

Se han continuado los trabajos que se llevan a cabo desde 2009 entre el IMTA y el Centre de Recherche Industrielle de Québec (CRIQ) de Canadá, con el objetivo de desarrollar un sistema de tratamiento anaerobio para la reducción de carga orgánica alta y acoplamiento con un sistema de pulimento para la reducción de nutrientes.

Se instalaron, para operar en condiciones reales, los sistemas combinados de remoción de carga orgánica con procesos anaerobios y pulimento por biofiltración para la remoción de nitrógeno en una granja porcícola de engorda (5,000 cabezas) ubicada en Jojutla, Morelos, el cual funciona de manera continua desde enero de 2011.

Las pruebas de la Planta Piloto Móvil permitieron obtener de manera estable un efluente tratado que presenta una remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) del 99%, 98% de los sólidos suspendidos totales (SST), 91% del nitrógeno amoniacal (N-NH₄⁺) y 83% del nitrógeno total (NT). El tren de tratamiento ha sido propuesto a varias granjas para ser instalado y coadyuvar en los esfuerzos para la conservación de los recursos hídricos.

Con el desarrollo de un sistema tratamiento de aguas residuales para granjas porcinas, se controla la fuerte contaminación que genera este tipo de agroindustria. Se trabaja en el proceso de transferencia de esta tecnología a la industria.



Planta instalada en la granja porcícola de Jojutla, Morelos.



Planta móvil.

- ***Vermifiltro para el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico***

Se diseñó y construyó un vermifiltro a escala piloto para determinar los parámetros de diseño para un sistema a escala domiciliaria. Actualmente, el sistema lleva operando de manera regular seis meses (aclimatación y estabilización) y se observa una remoción del 92% de la DQO y 97% de la DBO. Asimismo, este sistema se probó in situ bajo condiciones reales en la colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, para utilizar el agua residual tratada en el riego de frutales y áreas verdes, en donde las eficiencias de remoción son del 77% de la DQO y 94% de la DBO. Este sistema opera de manera regular desde hace cuatro meses, y se espera que la eficiencia aumente cuando finalice su etapa de maduración.

Este desarrollo tecnológico consiste en un vermifiltro familiar que se dirige a usuarios que no tienen drenaje, como por ejemplo, comunidades rurales y casas aisladas, y entre sus ventajas sobresale que no utiliza energía eléctrica, no genera lodos residuales y no emana malos olores.



Prototipo experimental.



Instalación domiciliaria y planta móvil.

- ***Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes***

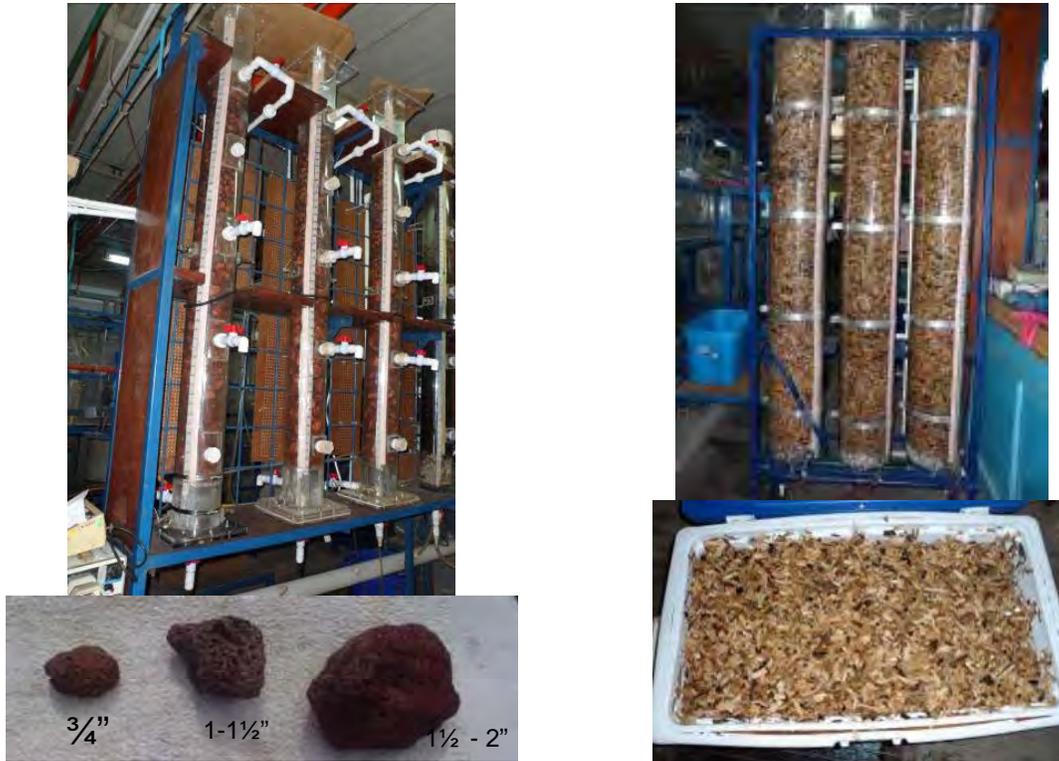
Este proyecto se realiza como parte de los trabajos de investigación básica y en colaboración con el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Universidad de Guanajuato, y con el auspicio del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación del CONACYT.

Los contaminantes recalcitrantes son aquellos que, por tener una estructura muy estable químicamente, se resisten al ataque de los microorganismos o de cualquier mecanismo de degradación, sea biológico o químico.

Se comenzaron los trabajos experimentales en prototipos de laboratorio para la investigación del efecto de la granulometría, la carga orgánica y la velocidad de filtración en la remoción de macro-nutrientes de agua residual municipal; el efecto de la relación C/N y la aireación en la remoción de ambos macronutrientes de agua residual agroindustrial, y la remoción por filtración (sobre materiales orgánicos y membranas) de colorantes Azo y aditivos presentes en agua residual de industria textil.

En este sentido, se concluyó la etapa de estabilización de los tres prototipos experimentales para estudiar el efecto de la granulometría. Asimismo, finalizaron las pruebas hidráulicas con el módulo de membrana y se realizó el acoplamiento del biofiltro con el módulo de membrana para el tratamiento de efluentes de la industria textil. Finalmente, se comenzaron los trabajos con trazadores para determinar el tiempo de retención hidráulica de los filtros sumergidos de los biofiltros rociadores utilizados para estudiar el efecto de la relación C/N y la aireación en el tratamiento de agua residual de la industria porcina.

Los beneficios de este proyecto consisten en el desarrollo de conocimiento básico, cuya aplicación se puede lograr posteriormente, y la capacitación de tres personas a alto nivel.



Prototipos experimentales y materiales de empaque del biofiltro.

- ***Residuos de tratamiento de emergentes: remoción de contaminantes emergentes de importancia sanitaria y ambiental; disminución del impacto sanitario y ambiental de los desechos generados***

Durante 2009 y 2010 en el IMTA se llevaron a cabo proyectos relacionados con los llamados contaminantes emergentes en agua para consumo humano, se identificaron dos grandes problemas: a) la alta concentración de este tipo de contaminantes presentes en el agua de rechazo que resulta del tratamiento mediante procesos de membrana y, b) falta de información sobre los riesgos ambientales y sanitarios asociados al tratamiento y disposición de estas salmueras o rechazos.

Para abordar el primer problema, a escala laboratorio, mediante fotocátalisis heterogénea para la oxidación de carbamazepina (CBZ), empleando dióxido de titanio inmovilizado sobre vidrio Pyrex, colocado en los tubos de un colector solar parabólico compuesto, se logró oxidar el 97% de la CBZ con tres horas de recirculación bajo radiación solar de entre 600 y 700 W/m² (radiación típica de un día medianamente soleado), por lo que esta metodología podría emplearse en el tratamiento de agua de rechazo conteniendo contaminantes persistentes.

A escala piloto, mediante nanofiltración aplicada en dos fuentes de suministro del Valle del Mezquital, fue posible remover aproximadamente al 90% de sustancias

minerales. La remoción de contaminantes orgánicos, osciló entre 60 y 100%, posiblemente debido a la presencia de moléculas neutras de tamaño <200 Da. La ozonación del agua de rechazo (dosis de 0.25 mg/L aproximadamente), fue capaz de degradar materia orgánica, indicada ésta por una disminución del 50% de carbono orgánico total; persistieron contaminantes como los ftalatos que no son fácilmente oxidados por el ozono, en tanto que compuestos tales como el epimanol (utilizado en la elaboración de fragancias) y la isocitronellina fueron oxidados.

Con respecto a los riesgos sanitarios y ambientales asociados con la exposición a contaminantes emergentes a través del consumo de agua, los resultados de la aplicación de las herramientas computacionales de toxicidad (pruebas *in silico*, modelos *Quantitative Structure Activity Relationship*, QSAR), disponibles a través de agencias internacionales, indican que éstas pueden ser integradas a los estudios de evaluación de riesgos cuando no se cuenta con información epidemiológica o de estudios en vivo, constituyendo así un soporte conservador para reducir los riesgos sanitarios y ambientales derivados de la continua liberación al ambiente de fármacos, hormonas y productos para el cuidado personal y de uso frecuente.

La nanofiltración es un método confiable para el control de contaminantes emergentes, ya que rechaza un amplio espectro de compuestos orgánicos, algunos cuyo peso molecular es menor que el peso molecular de corte de las membranas, y el consumo energético asociado es hasta un 35% menor que el de la ósmosis inversa.



Vista de la planta piloto instalada en el Cerro Colorado.



Muestreo de sustancias emergentes en instalación piloto.

- **Análisis técnico y económico de tecnologías para remoción de fluoruros**

El flúor es un elemento esencial y componente importante en la estructura de huesos y dientes y está presente en forma natural en el agua de consumo humano. La presencia de fluoruros en el agua potable es benéfica o perjudicial dependiendo de la concentración en la que se presenta. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un valor guía de 1.5 mg/L de fluoruros en agua para consumo humano.

Con base en ello, la normatividad mexicana a través de la NOM 127 SSA1-1994 (Modificación del año 2000) establece ese mismo valor como límite permisible.

El consumo prolongado de fluoruros disueltos en concentraciones que exceden este valor puede causar trastornos como: fluorosis dental, fluorosis esquelética y efectos tóxicos como anemia, nefropatías, trastornos gastrointestinales, hiperactividad tiroidea, modificaciones en el metabolismo de calcio, daños cerebrales fetales, daño pulmonar, esterilidad funcional, hipertrofia e hiperplasia en el músculo esquelético y lesiones patológicas en la tráquea.

El IMTA realizó la evaluación a escala laboratorio de tecnologías actuales y no convencionales para remoción de fluoruros en agua para consumo humano. Las tecnologías evaluadas fueron la coagulación con compuestos de aluminio y adsorción en minerales. Los procesos se estudiaron utilizando agua del pozo La Herradura, ubicado en Celaya, Guanajuato, la cual contiene una concentración de fluoruros de 3.0 mg/L.

Los resultados obtenidos con el proceso de coagulación mostraron que se requieren altas concentraciones de sulfato de aluminio, lo que conlleva al aumento de la concentración de sulfatos en el agua, riesgo de obtener agua con concentraciones de aluminio elevadas y alta producción de lodos.

Con estos resultados y con base en pruebas en lotes para determinar la capacidad de adsorción de varios adsorbentes granulares que incluyen: alúmina activada, dióxido de titanio, carbón de hueso y tierra diatomea recubierta con óxidos de hierro, se determinó que el carbón de hueso seguido de la alúmina activada tienen las mayores capacidades de adsorción. Las principales limitantes de este proceso son la necesidad de regeneración del adsorbente, así como el manejo y disposición de soluciones básicas y ácidas producidas en la etapa de regeneración.



Pruebas de adsorción de fluoruros con carbón de hueso a temperatura constante.



Prueba de adsorción en columna.

- **Modelación y aporte de sedimentos en microcuencas del lago de Pátzcuaro**

El IMTA ha desarrollado, desde hace más de seis años, diversos estudios y obras como parte del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca Lago de Pátzcuaro. Específicamente en el proyecto: *Manejo integral para el control de malezas acuáticas, especies invasoras y remoción de sedimentos en apoyo a la recuperación de especies emblemáticas y mejora de la calidad del agua del lago*, se planteó la modelación y estudio de aportes de sedimentos para, con sus resultados, tener una aproximación experimental de la carga que llega al lago desde distintos puntos de la cuenca.



Medición de caudal y muestreo de sedimentos en el dren Tzurumútaru (cauce perenne).

En los cauces perennes del dren Tzurumútaru y el río Guani, se midió la velocidad, se tomaron muestras de sedimentos en suspensión para calcular el caudal y carga de sedimentos y se extrapolaron con los valores de nivel registrados con sensores electrónicos de nivel de caudal (*globalwater*). En los cauces intermitentes de Cerritos (HL) e Ichupio (H1 y H2), se construyeron aforadores tipo H y el registro se hizo con sensores electrónicos (*Solinst*). Para ambos tipos de cauces se modeló el caudal contra la carga.

Resultados para cada microcuenca

Sitio	periodo	A(Km ²)	pp(mm)	Q anual (m ³)	ton/año	ton/ha/año
Tzurumútaru	2007-2011	144.873	1,455.00	16,420,000.00	7,734.00	0.53
Guani	2007-2011	55.355	724.77	589,374.37	70.14	0.01
Cerritos	2007-2011	1.63	781.65	154,553.34	38.64	0.24
Ichupio H1 (con obra)	2007-2011	0.10343	777.13	50.04	18.02	1.74
Ichupio H2 (sin obra)	2007-2011	0.18865	725.28	28.27	187.13	9.92

La microcuenca Cerritos, que forma parte de Tzurumútaru y que también presenta extensa superficies agrícolas, muestra valores de sedimentos en suspensión comparativamente más bajos que el resto de la subcuenca. En esta microcuenca

están presentes obras de conservación realizadas por el IMTA-Comisión Forestal de Michoacán. En Ichupio, es notable la diferencia en carga relativa de sedimentos interceptados en el canal de aproximación y en el vertedor tanto de la unidad H1 (con obras de conservación de IMTA) como en la unidad H2 (sin obras); casi el doble de sedimentos, en el segundo caso. Sin embargo, llaman la atención los valores de la unidad H2 (Ichupio sin obras), ya que constituye una superficie representativa de la cuenca, con aparentemente buen estado de conservación de la cubierta vegetal que retiene pocos sedimentos.



Vertedor de Cerritos (HL) y vertedores en Ichupio H1 (con obras), H2 (sin obras). Muestreo de sedimentos y sensores electrónicos (cauces intermitentes).

- ***Módulo de información geográfica G-InvIH del Sistema de Información de Campo y Administrativa para Módulos de Riego***

El G-InvIH es un sistema de información geográfica que incorpora una base de datos de redes de canales, caminos y drenes en conjunto con la infraestructura hidroagrícola. Incluye pozos, equipos de bombeo y distribución de tubería interparcelaria. Respecto a la red de canales y drenes, el sistema concentra información topogeométrica, mientras que para la infraestructura de control, protección, distribución y medición, integra elementos geométricos e hidráulicos para caminos e incorpora información de material y geométrica. Dicho sistema es un componente del ICAM-Riego (Información de Campo y Administrativa para Módulos de Riego), desarrollado por el IMTA.

El sistema permite el trazo de redes de canales, caminos y drenes sobre la imagen de satélite, o bien con apoyo de un GPS (sistema de geoposicionamiento) y un programa de captura de información geométrica y fotográfica georreferida en computadora de bolsillo. Es a través de archivos como se inserta la información sobre la base de datos y la imagen de satélite. Una vez elaborada la base de datos, el sistema permite recorridos virtuales de infraestructura en imagen de satélite y fotografía panorámica; además, exporta la información a sistemas de información geográfica comerciales.

El sistema genera y actualiza el inventario de la infraestructura hidroagrícola georreferenciada que permite a las asociaciones de usuarios y a la CONAGUA planear mejor la conservación y operación de dicha infraestructura. Además, con la

información topogeométrica, el Sistema de Conservación (SIS-CON) calcula las necesidades de conservación normal, conceptos y cantidad de obra y permite la supervisión remota, mediante tecnología GPS. El sistema G-InvIH se transfirió a las tres asociaciones de usuarios del Distrito de Riego 023, San Juan del Río, Querétaro, que cubren una superficie de 11,500 ha, lo que permitió actualizar el inventario de infraestructura y renovar los títulos de concesión.



Aplicación del sistema G-InvIH en el DR 023, San Juan del Río, Querétaro.

- ***Plan Hídrico de Gran Visión en la cuenca de los ríos Amecameca y La Compañía***

La cuenca de los ríos Amecameca y La Compañía constituye uno de los territorios más poblados del país, con una población aproximada a 1,500,000 habitantes que ejercen una gran demanda de agua y en la que se ha diseñado infraestructura para el transporte de aguas residuales cuyo destino final es el Valle del Mezquital, en Hidalgo.

Los ríos Amecameca y la Compañía, que conforman la subcuenca, nacen en los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl. Esta cuenca se ubica al oriente del Valle de México, y se extiende a lo largo de 13 municipios del Estado de México y tres delegaciones del Distrito Federal.

En la cuenca, el acuífero está sobreexplotado, con lo que se encuentra en condiciones de extrema escasez hídrica, además se presenta contaminación de los afluentes y cuerpos de agua debido a la descarga de aguas residuales generadas en las casas de las comunidades (menor grado) y poblaciones (mayor grado), aunque también es factor importante el aporte de la industria que tiene una fuerte actividad en este territorio. Por ello, el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México solicitó al IMTA elaborar un Plan Hídrico de Gran Visión como instrumento para impulsar el desarrollo de esta región.

En este contexto, el Instituto desarrolló un Sistema de Información del Plan Hídrico de Gran Visión (SICRACom) en el que se concentra, organiza y clasifica la información generada del Plan, y servirá como herramienta para facilitar el flujo e intercambio de información entre las distintas entidades involucradas, con lo que se

facilitará el análisis de la información y servirá como soporte para la toma de decisiones a nivel gerencial.

Asimismo, de forma participativa con los principales actores de la cuenca, se desarrolló el Plan Hídrico de Gran Visión, el cual plantea como objetivo central el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la cuenca. Para ello, se identificaron los siguientes seis objetivos estratégicos: 1) educación ambiental en la cuenca, 2) gestión de los recursos hídricos, 3) manejo de los recursos forestales, 4) contar con infraestructura, 5) controlar los asentamientos humanos y 6) disminuir la contaminación del agua.

Finalmente, para estos objetivos estratégicos se identificaron los proyectos específicos que permitirán impulsar el desarrollo sustentable de la cuenca y cuyo monto asciende a 4,790 millones de pesos aproximadamente.



Crecimiento de la mancha urbana en la cuenca.



Inundación en cuenca baja, autopista México-Puebla.

- ***Rehabilitación de la cuenca del lago de Pátzcuaro***

Se continuaron las acciones para controlar la erosión hídrica y la producción de sedimentos en la cuenca del lago de Pátzcuaro. En específico, en la microcuenca Ichupio, municipio de Tzintzuntzan, se construyeron 59 represas filtrantes para control de azolves, construidas con gavión, piedra acomodada y geocostales, equivalente a 1,500 m³, que retendrán aproximadamente 18,000 m³ de azolves. Asimismo, se hizo la estabilización de taludes en cárcavas mediante barreras vivas al contorno empleando 830 arbolitos de pino y se excavaron 1,500 tinas ciegas o zanjas de infiltración en 3 km, con lo cual se espera infiltrar 600 m³ de agua de lluvia.

Se realizaron acciones de recuperación forestal mediante la reforestación de 535 ha, bajo la modalidad de reforestación en cepas. También, se efectuó reforestación en linderos agropecuarios en forma de cercos vivos con 11,080 árboles de cedro blanco y colorín en predios de los cuatro municipios ribereños. De igual forma y con el objetivo de protección de cauces y riberas en embalses, se plantaron 920 árboles de sauce azul o sauz en el municipio de Erongarícuaro, comunidades de Arocutín y Tocuaro.

Todas las actividades de campo se realizaron con la participación de los productores locales, generándose 8,800 jornales de empleo temporal.



Represa de control de azolves funcionando, Crucero de Chapultepec, Pátzcuaro.



Reforestación con pino. Ichupio, municipio de Tzintzuntzan.

- ***Gobernanza del agua***

Durante las dos últimas décadas, los conceptos de gobernabilidad y gobernanza han aparecido en la gestión integrada de recursos hídricos y, en un marco más general, han sido relacionados con el ambiente. Así, algunas agencias internacionales han referido el concepto de gobernanza o gobernabilidad, en idioma inglés, sin que haya habido una traducción eficaz del término al español, sobre todo en el significado y en sus referencias. El IMTA propuso el desarrollo de un documento cuyo objetivo

principal fuera presentar un panorama sobre la gobernanza del agua en México, que incluyera los temas sustanciales desde las ciencias sociales y que reflejara la multidimensionalidad de este enfoque.

En él se da cuenta de los conceptos de gobernanza y gobernabilidad del agua; los problemas del traslado del concepto a la aplicación; las reformas y la gobernanza en el sector agua; gobernanza del agua y género; gobernanza del agua y asociaciones de riego; gobernanza urbana del agua; gobernanza y gestión del agua; gobernabilidad en territorios indígenas; gobernanza del agua y participación social.

Esta investigación contó con la participación de 53 autores nacionales e internacionales que expresaron su opinión, según su experiencia, sobre algunos temas específicos acerca de la gobernanza del agua.

- ***Vulnerabilidad social y construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático. Una propuesta con enfoque de género en Yucatán***

A través del fondo SEP-CONACYT Ciencias Básicas, el IMTA y la Universidad Autónoma del Estado de Yucatán conducen este proyecto multianual en la península de Yucatán, cuyo objetivo es diagnosticar los factores sociales, económicos, ambientales, organizacionales y de género que determinan la construcción de la vulnerabilidad social y diseñar una estrategia que difunda los riesgos de desastres entre pobladores locales, a fin de reducir la acción de factores detonadores de desastres naturales.

Durante 2011 se definió la propuesta metodológica, el marco conceptual y contextual sobre aspectos de vulnerabilidad social y cambio climático en México, así como el diagnóstico situacional y un análisis de capitales de las comunidades estudiadas, basándose en la metodología de medios de vida. Con el fin de conocer las características y las percepciones de las personas que habitan la costa del estado de Yucatán, se realizó trabajo de campo, con la aplicación de encuestas en cuatro comunidades representativas de esta región: las cabeceras municipales de San Felipe, Celestún e Ixil; y Sisal, localidad del municipio Hunucmá.

Asimismo, se realizaron entrevistas semiestructuradas, en donde se profundizó en el análisis de los tópicos abordados en la encuesta, con el objetivo de obtener información cualitativa y triangular los datos obtenidos. Estos instrumentos de recolección de información sirvieron para elaborar un Índice de Vulnerabilidad de los Capitales de la Comunidad, el cual permite de manera sintética y directa conocer la fortaleza o debilidad del conjunto de los capitales que poseen las comunidades estudiadas.

Los impactos de este proyecto apuntan a conocer las debilidades y fortalezas de las comunidades estudiadas, fortalecer las capacidades de las mismas a través de procesos de comunicación y participación, y contar con acciones definidas de adaptación social al cambio climático en el mediano plazo.



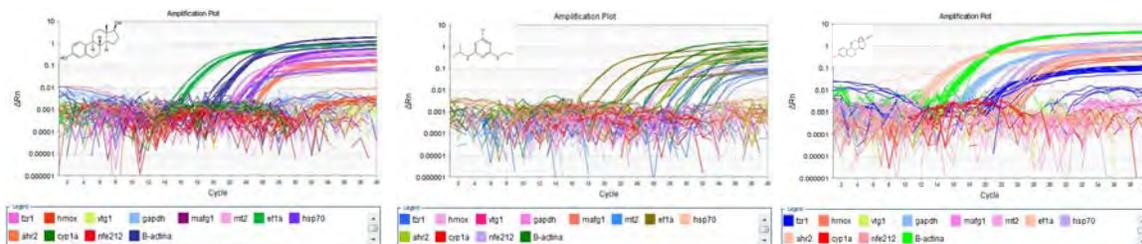
Levantamiento de información en las comunidades seleccionadas de Yucatán.



Encuestas realizadas en las poblaciones yucatecas para obtener información sobre capitales de la comunidad.

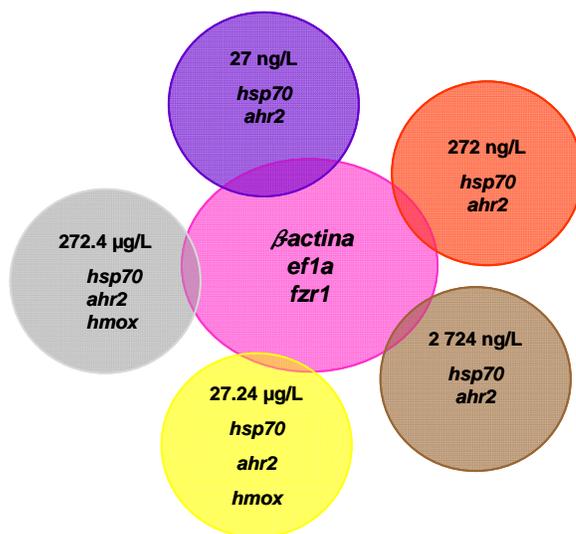
- ***Identificación de efectos tóxicos por compuestos orgánicos emergentes y detección de enterobacterias***

Se implementó la metodología *Polymerase Chain Reaction* (PCR) en tiempo real y de procesamiento de muestras para evaluar cambios en la expresión genética. Se seleccionaron nueve genes (*cyp1a*, *fzr1*, *ahr2*, *hmox*, *hsp70*, *maf1*, *nfe212*, *vtg1* y *mt2*), cuya expresión se inducía frente a diferentes contaminantes ambientales, a partir de reportes en los que se evaluaba a nivel genómico la expresión de más de 20,000 genes del pez cebrá. Se realizó la validación de la metodología para evaluar la expresión relativa de genes utilizando los embriones del pez cebrá empleando tres contaminantes considerados como emergentes (el herbicida atrazina y las hormonas estradiol y 17 α -etinilestradiol).

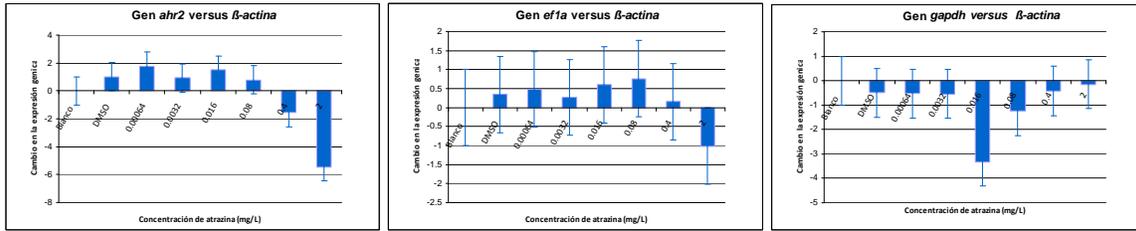


Curvas de validación correspondientes a atrazina, estradiol y 17 α -etinilestradiol.

Si bien varios reportes proponen que los embriones del pez cebra pueden funcionar como detectores de contaminantes en agua, los resultados de esta investigación sugieren que el modelo puede ser inadecuado debido al poco nivel de diferenciación tisular del mismo, lo que puede explicar la falta de expresión de algunos de los genes evaluados cuando se analizan muestras con cortos periodos de exposición, lo cual no ocurre cuando el modelo se expone durante un tiempo suficiente como para que alcancen la etapa de alevín, fase de desarrollo que muestra una mayor diferenciación tisular, fenómeno asociado con la mayor actividad transcripcional del genoma del pez.



Expresión relativa a las seis horas de genes expresados de manera consistente a diferentes concentraciones de estradiol.



Curvas de cambio de expresión relativa debida a atrazina.

Además, se elaboraron los métodos para cuantificar las enterobacterias *Salmonella entérica* y *Escherichia coli* por la técnica de PCR.

Se publicó un artículo de divulgación denominado “Aplicación de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), para determinar el riesgo ambiental causado por compuestos disruptores endocrinos”, en la página ATL el Portal del Agua desde México (<http://www.atl.org.mx>).



ASESORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

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

- ***Estudio hidrológico del Valle de Vizcaíno: modelo conceptual y análisis piezométrico del acuífero Vizcaíno, BCS***

La Reserva de la Biósfera del Vizcaíno mantiene un delicado ecosistema. Por ello, es una necesidad prioritaria cuantificar el volumen de agua superficial y subterránea.

Dentro de los límites de la Reserva está el acuífero de Vizcaíno. El modelo conceptual del acuífero contempla que la zona de recarga se ubica en las partes altas de la cuenca y una fracción del volumen precipitado escurre por los cauces de los arroyos y se encauzan hasta llegar al valle. Tomando en cuenta los datos de precipitación y evaporación, se concluye que el volumen por recarga vertical es menor, comparado con el volumen que recarga al acuífero por entradas horizontales.

El balance de agua subterránea resultante estima: recarga vertical, 0.9 hm³/año; recarga total, 43.69 hm³/año; descargas naturales comprometidas, 6.06 hm³/año; volumen total concesionado, 37.82 hm³/año; disponibilidad de agua subterránea de -0.2 hm³ anuales.

En términos generales, ya no existe disponibilidad de agua subterránea, por lo que no es recomendable aumentar el valor de la extracción de agua subterránea o el valor de la entrada horizontal, con la finalidad de no afectar el balance.

El valor promedio de la temperatura es de 16.46 °C, de la precipitación media anual de 103.80 mm/año y la evaporación media anual en el periodo 1953-2005 es de 1,904.01 mm/año. En 2011, los estadígrafos de profundidad indican un valor promedio de 33.71 m, con máximos de 60.57 m (al norte) y mínimos de 5.95 m (al oeste). El valor promedio de la carga hidráulica para el año 2011 es de 35.42 m, presentando valores mínimos de 13.78 m y máximos de 108.72 m. La evolución, de la carga hidráulica, para el periodo 2008-2011 es negativa, con un abatimiento promedio de -0.13 m/año, que representa un volumen negativo de 6.28 hm³/año.

La contribución del proyecto permitirá una mayor conservación y manejo del recurso natural agua, del acuífero de Vizcaíno, mismo que forma parte de la reserva de la biosfera del Vizcaíno, Baja California Sur que fue constituida como área natural protegida en 1988 y alberga una importante diversidad de flora y fauna, incluidas algunas especies endémicas y otras en peligro de extinción.

- ***Evaluación técnico-económica de tecnologías de remoción de cromo y determinación de parámetros de transporte para remediación del acuífero Cuautitlán-Pachuca***

La empresa Cromatos de México, que operó una planta industrial entre los años 1958 y 1978 en la colonia Lechería, en Tultitlán, Estado de México, dejó un predio con una superficie de 16,500 m² contaminado con cromo. En 1983 fueron sepultados y sellados con una cubierta de asfalto en el lugar más de 75,000 toneladas de cromatos. El encapsulado presentó cuarteaduras y filtraciones de agua de lluvia, lo que provocó que una parte de las sales de cromo se disolvieran y se filtraran directamente al acuífero. Estudios recientes señalan también que la contaminación del acuífero fue principalmente provocada por el vertido de los residuos de la empresa en pozos de absorción ubicados en el terreno, llegándose a detectar concentraciones mayores a los 100 mg/L de cromo hexavalente en el agua extraída en el sitio.

Para efectuar la remediación del acuífero, la CONAGUA analiza la factibilidad de extraer el agua contaminada mediante bombeo, a fin de tratarla utilizando tecnología apropiada para remover cromo, y reinyectarla al acuífero o entregársela a los usuarios de la zona. La SEMARNAT encargó al IMTA el presente estudio, con el propósito de determinar el tratamiento idóneo y el costo para remover el cromo del agua del acuífero.

A partir de la revisión bibliográfica especializada, se seleccionaron cinco tecnologías viables para la remoción de cromo hexavalente del agua del acuífero, entre las que se encuentran: coagulación asistida por reducción, electrocoagulación, adsorción, intercambio iónico y procesos de membranas.

Una vez evaluados los procesos en pruebas en laboratorio y a escala piloto en el sitio se determinó que los mejores resultados de remoción se obtenían con un tren de tratamiento compuesto por coagulación asistida por redox, floculación, sedimentación y microfiltración. Este tren de tratamiento logró un efluente con una concentración de cromo total menor al límite permisible de 0.05 mg/L establecido en la NOM 127 SSA1- 1994 para agua destinada a uso y consumo humano. El costo del tratamiento por insumos (energía, reactivos y disposición de residuos) se estimó en \$9.64/m³ para tratar agua con una concentración de cromo hexavalente de 28 mg/L, la cual fue la máxima encontrada durante este estudio. El mayor porcentaje del costo del tratamiento está asociado al coagulante (sulfato ferroso) el cual representa el 57 por ciento.



**Planta piloto para realizar el tratamiento
coagulación asistida por redox.**



Análisis de agua para control de proceso.



Aspecto del interior del pozo Cromatos 1 a 99.75 m de profundidad.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL

- ***Introducción de tecnologías apropiadas de saneamiento y tratamiento de aguas residuales en la operación del Programa Hábitat-SEDESOL***

Una tarea del Programa Hábitat de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) es el aumento en la cobertura de los servicios de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales en comunidades urbanas y periurbanas pobres y marginadas, para contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en México.

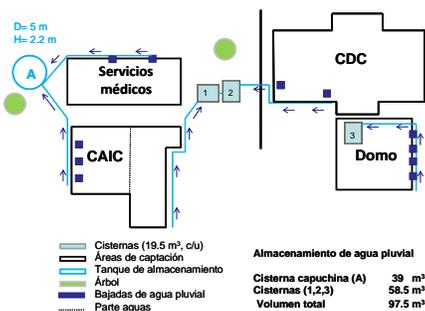
En colaboración con la ONU Hábitat, el IMTA ha propuesto el diseño de una metodología sociotécnica para la implementación y adopción social de tecnologías

apropiadas en zonas perirurbanas para apoyar a la Unidad de Programas para la Atención de la Pobreza Urbana (UPAUP) de la SEDESOL en la institucionalización de tecnologías alternativas para tratamiento de agua residual y saneamiento dentro de la operación del programa Hábitat-SEDESOL. En el proyecto se ha trabajado en la definición del lugar de aplicación del proyecto, tomando en cuenta las necesidades de municipios, de la SEDESOL y de la población en varios lugares del país. Para ello, el IMTA ha realizado diagnósticos rápidos de prefactibilidad sociotécnica en polígonos Hábitat de Puebla y Morelos.

A la fecha, se han definido los polígonos Hábitat en Morelos para desarrollar el proyecto, a través de la atención a un Centro de Desarrollo Comunitario y de una localidad en el municipio de Temixco, así como los diagnósticos de prefactibilidad en polígonos descartados de Puebla y Morelos.

Se desarrollaron los proyectos conceptuales y ejecutivos para el Centro de Desarrollo Comunitario y se realizó la propuesta conceptual de la localidad de Alpuyecá. Los impactos del proyecto apuntan a la atención y resolución de problemas de agua y saneamiento en un centro de desarrollo comunitario y en un polígono Hábitat. Adicionalmente, otro impacto esperado es la incidencia en el ajuste de las reglas de operación del Programa Hábitat de SEDESOL.

Los impactos de este proyecto apuntan a la atención y resolución de problemas de agua y saneamiento en un centro de desarrollo comunitario y en un polígono Hábitat, la incidencia en el ajuste de las reglas de operación del Programa Hábitat de SEDESOL y la elaboración de una metodología sociotécnica aplicable de adopción social de tecnologías apropiadas.



Proyecto conceptual de la captación de agua en el Centro de Desarrollo Comunitario.

Alpuyecá, Morelos.



Xochitepec, Morelos.



Colonia Lázaro Cárdenas, Tehuacán, Puebla.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

- ***Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológico-administrativas***

Las directrices que han regido a la administración, uso y cuidado del agua en México han evolucionado de acuerdo con la situación social, económica y política del país. En tal contexto el Programa Nacional Hídrico 2007-2011 identifica los principios básicos que respaldan la política hídrica: “el manejo del agua debe realizarse por cuencas hidrológicas y con la participación organizada de los usuarios que es indispensable para lograr la sustentabilidad hídrica”. Por lo tanto, es necesario hacer una planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológico-administrativas (RHA) del país y, de esta forma, definir la política regional en materia de agua para un horizonte al año 2030.

La visión en México como país es contar con ríos limpios, cuencas y acuíferos en equilibrio, cobertura universal de agua potable, alcantarillado y saneamiento y ciudades no vulnerables a inundaciones, elementos esenciales de la Agenda del Agua 2030. En este contexto, se llevó a cabo un proceso de planeación regional para las 13 RHA, definiendo las actividades que se realizarán para la formulación de las estrategias y acciones dirigidas a lograr la sustentabilidad hídrica en dichas regiones.

El proyecto consiste en formular los lineamientos, estrategias, acciones y propuestas de los proyectos que respalden la política hídrica de sustentabilidad en el mediano y largo plazos para lograr la visión de la Agenda del Agua 2030 en las Regiones Hidrológico-Administrativas. De esta forma, se colabora en varios aspectos que mejoran la planeación, economía y finanzas del sector hídrico. Con las

caracterizaciones y diagnósticos de las 13 RHA, se formularon los Programas Hídricos Regionales (PHR), que incluyen el financiamiento necesario para los proyectos propuestos para el cierre de las brechas hídricas al 2030, en donde se consideró la Estrategia Regional del Sector Hídrico hacia el 2030, con la problemática, objetivos, proyectos y avances de cada región, tomando en cuenta las carteras de proyectos basados en los programas existentes, identificando y cuantificando los beneficios, costos de las acciones y los proyectos factibles a desarrollar dentro de cada RHA.

Se integraron los catálogos de proyectos regionales con información de: nombre, descripción y tipo de proyecto, nivel del estudio, localización, beneficios, costos de inversión, mezcla de recursos (federal, estatal, municipal, usuarios y otros actores), aportación a la brecha y el periodo de ejecución para su desarrollo. Se elaboraron además los indicadores en las áreas de: sector agrícola, agua potable, saneamiento, inundaciones, administración del agua, financiamiento, participación, económicos, sociales y ambientales, convenientes para darles seguimiento y poder evaluar los impactos asociados.

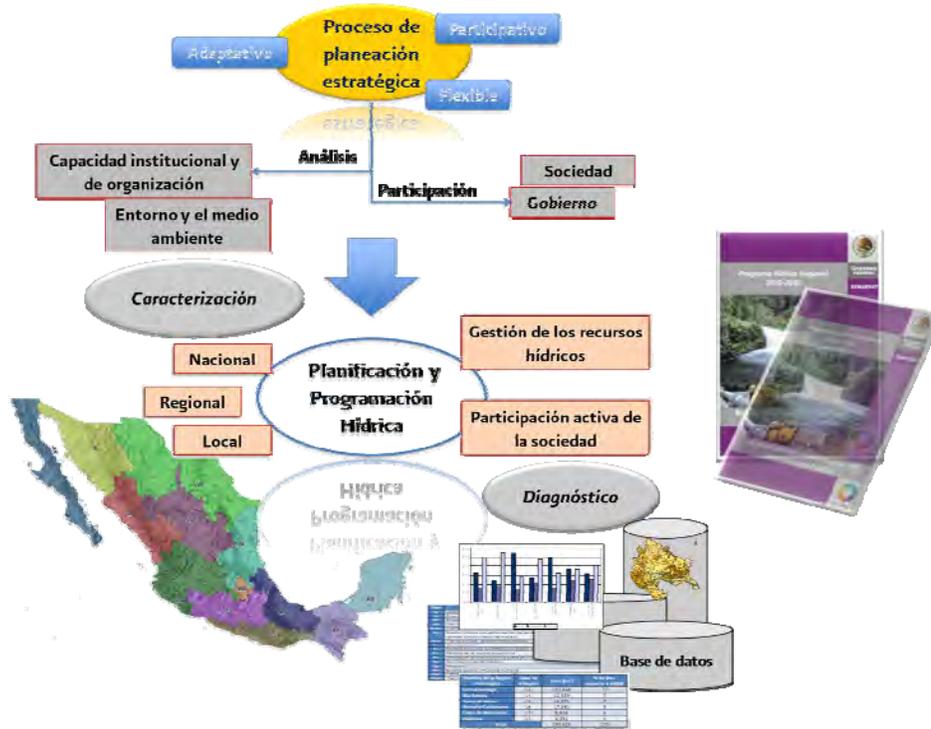
Se integró el Programa de Acciones para la Sustentabilidad Hídrica de veinte estados: Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, D.F., México, Nuevo León, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán, Zacatecas, Querétaro, Guerrero y Oaxaca. Cada programa de acciones estatal presenta la caracterización natural, social y económica de la entidad federativa, situación actual de aprovechamiento de los recursos hídricos, la problemática existente y todos aquellos aspectos que destacan las particularidades de la misma, incluye además los objetivos, estrategias y acciones que contribuyen al logro de la Agenda del Agua 2030 y a resolver la problemática de los recursos hídricos en la entidad. Aquí se integró una cartera de proyectos alineada con la Agenda del Agua 2030, con las mismas características del catálogo.

Se diseñaron las plantillas para la generación de las fichas de información básica de los proyectos identificados, realizando un pre-llenado de información para cada región hidrológico-administrativa de las mismas.

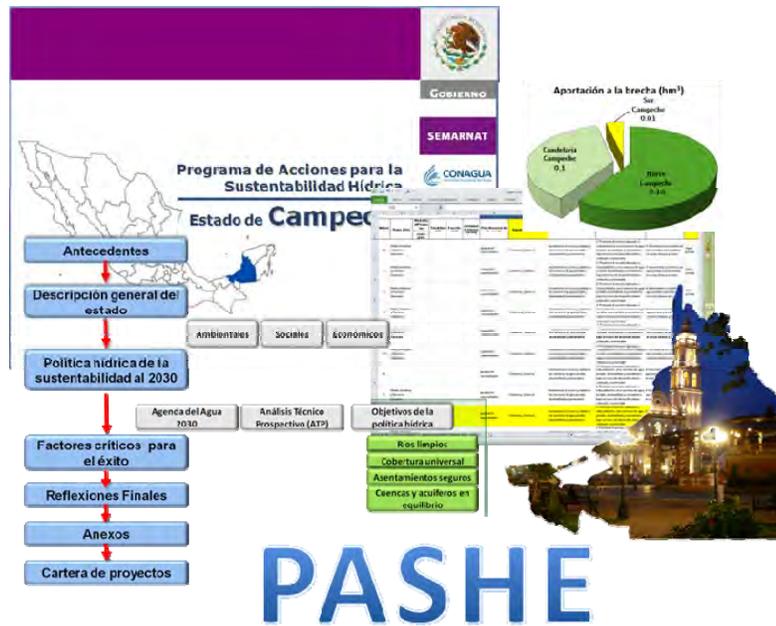
Referente a las *Estadísticas del agua en México* y el *Atlas del Agua* se generaron las tablas, mapas y gráficas de la edición 2011 y 2012; adicionalmente, se generó una primera versión del *Data Warehouse* del Sistema de Información Nacional del Agua.

Con lo anterior, se avanza hacia la sustentabilidad del recurso hídrico en las diversas cuencas hidrológicas del país, realizando una planeación regional ordenada, sistemática y alineada al Sistema Nacional de Planeación Hídrica que defina los lineamientos y estrategias de mediano y largo plazos, la cartera de proyectos a integrar y una base de datos geográfica y estadística que dé soporte a la gestión y planeación de los recursos hídricos.

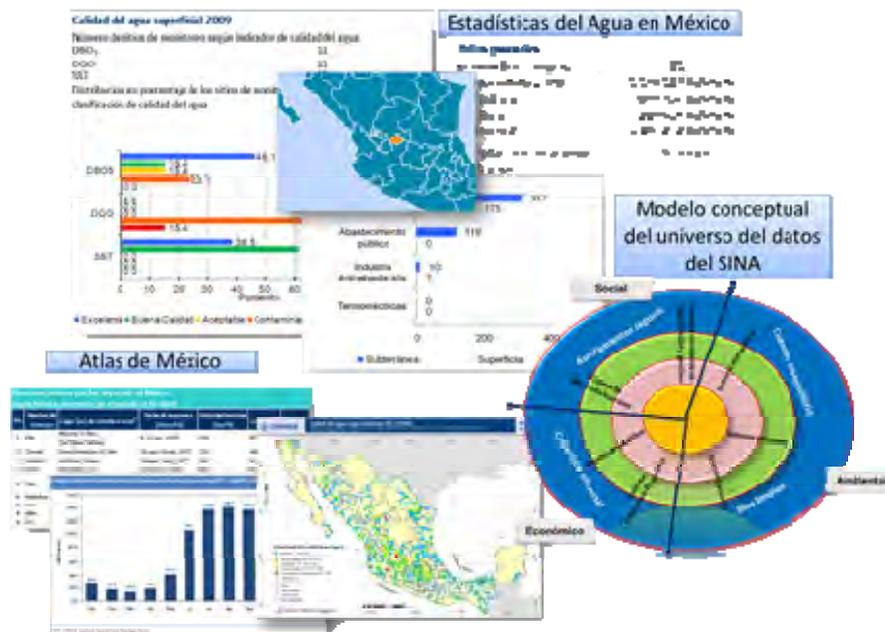
De igual manera, se podrá contar con una planeación hídrica regional basada en un conocimiento y análisis profundo y multidisciplinario de la problemática, así como en la definición de soluciones viables desde el punto de vista técnico, económico, social, político y ambiental para el mediano y largo plazos, con la participación de la sociedad y de los actores políticos, económicos y sociales más relevantes, incluyendo a funcionarios de los tres órdenes de gobierno, empresarios, agricultores, académicos, investigadores y medios de comunicación.



Planeación estratégica.



Programa de acciones para la sustentabilidad hídrica estatal.



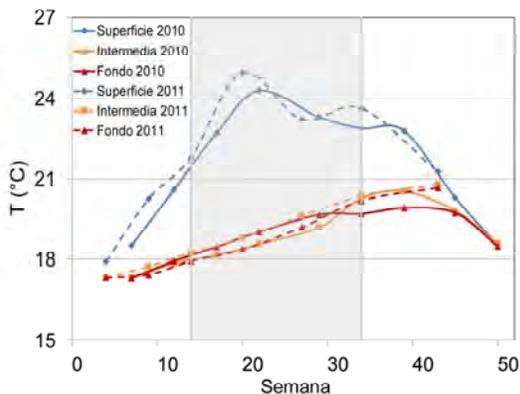
Sistema de Información Nacional del Agua, Atlas del Agua y Estadísticas del agua en México.

- **Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes**

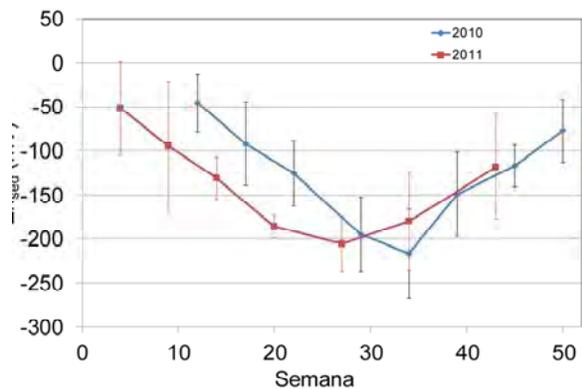
El Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México encargó al Instituto buscar alternativas para controlar la eutroficación en la presa Valle de Bravo. En esta tercera etapa del proyecto se completó la caracterización en el ciclo anual de la dinámica de nutrientes entre agua y sedimentos. Asimismo, en núcleos de sedimentos se realizaron pruebas para verificar el espesor de sedimentos que interactúa con el agua. También, se evaluó la eficiencia de la aplicación del adsorbente natural Phoslock® para inmovilizar fósforo en mesocosmos dentro de la presa Valle de Bravo.

Las variaciones de potencial redox en sedimentos presentan un comportamiento cíclico donde, durante el periodo de estratificación de la columna de agua, se alcanzan valores de Eh por debajo de -200 mV. Se observa una relación entre potencial redox en sedimentos y contenido de fósforo en agua de fondo, confirmando que la carga interna de fósforo es mayor cuando el potencial redox es más negativo. Se encontró que la lixiviación de fósforo ocurre en el espesor de sedimentos hasta 20-25 cm de profundidad.

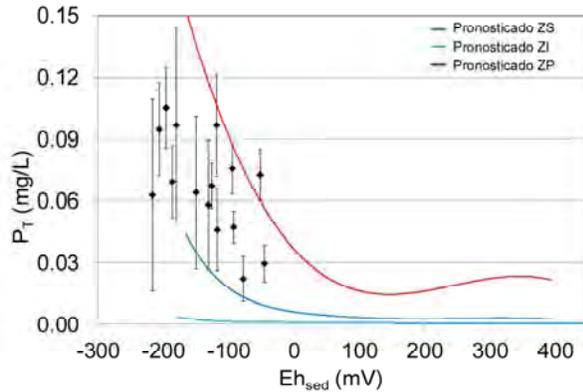
Phoslock reduce eficientemente las concentraciones de fósforo en el agua e inmoviliza a este nutriente, cuando es lixiviado de los sedimentos. Se prevé que la reducción e inmovilización de fósforo tenga una repercusión positiva sobre la disminución del crecimiento de algas en el cuerpo de agua. Se recomienda la aplicación de Phoslock en superficie para reducir las concentraciones de fósforo en el agua y sobre los sedimentos, para inmovilizar fósforo lixiviado. La aplicación debe realizarse preferentemente durante los meses de enero a febrero, cuando las concentraciones en el agua son más bajas.



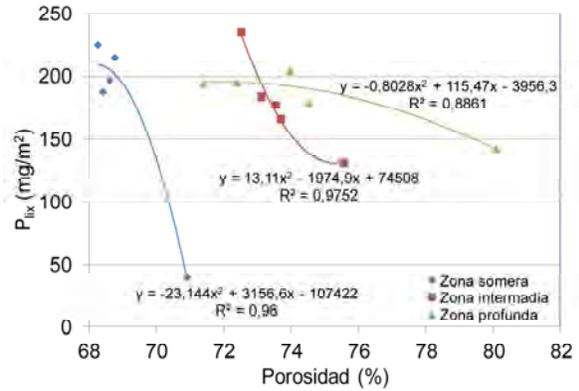
Temperatura promedio del agua.



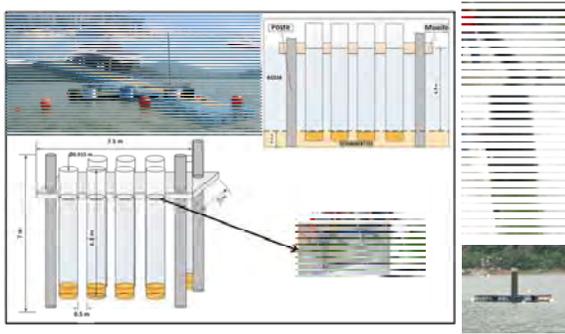
Potencial redox promedio en sedimentos.



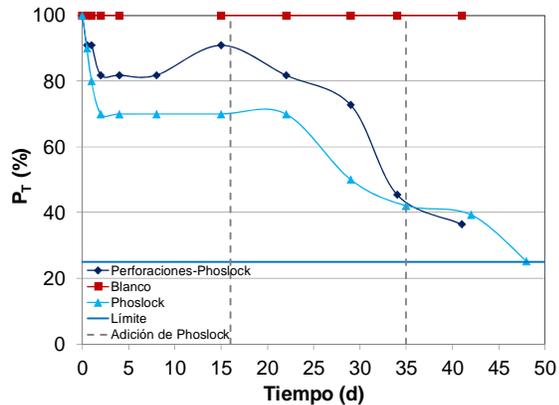
Fósforo en agua de fondo en función de Eh en sedimentos.



Fósforo lixiviado y porosidad en relación al espesor de sedimentos.



Instalación de mesocosmos.



Evaluación de la remoción de fósforo en mesocosmos.

- **Apoyo y supervisión en el mejoramiento de la medición en infraestructura hidroagrícola en obras de toma de presas de almacenamiento y canales de los distritos de riego**

Las metodologías de referencia para determinar la incertidumbre en la medición del caudal incorporan prácticas de los operarios y las principales variables físicas por medir. Por este motivo, es necesario contar con procedimientos claros y de uso rutinario, los cuales deben consensuarse entre la entidad que entrega el recurso agua y los usuarios que lo reciben. Estos procedimientos toman mayor relevancia durante la asimilación de nuevos equipos, técnicas y modelos.

En este año se dio seguimiento y verificación de la adecuada instalación de 19 medidores del Organismo de Cuenca Cuenca Centrales del Norte, en el Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera; mantenimiento a 32 sistemas de telemedición; supervisión a la transmisión satelital de 37 sistemas de telemedición; mantenimiento

y actualización de la página web de presas de la CONAGUA, y mantenimiento y calibración de cien molinetes.

Se realizó el proyecto ejecutivo y se apoyó en el proceso de licitación y supervisión técnica en la implementación del sistema de telecontrol de los puntos principales del Distrito de Riego 025 Río Bravo. Este sistema permite controlar desde una estación central los repesos del km 0+000 y 19+000 del Canal Anzalduas y el 0+000 del Canal Culebrón; además, permite tener información de los volúmenes circulantes en 22 puntos de la red de canales de este distrito.



Sistema de medición de niveles.



Instalación de un sensor de medición ultrasónico.



Sensor ultrasónico de tiempo de travesía exterior.



La experiencia institucional asimilada durante ya más de diez años en el mejoramiento de la medición, ha permitido desarrollar e incorporar una serie de criterios y procesos sistemáticos para la adecuada determinación de caudal, con un conocimiento ex profeso de la precisión y exactitud de los equipos. Gracias a esto, el IMTA contribuye en el mejoramiento de la distribución y manejo del agua en los canales de riego y obras de toma en presas.

- ***Estudio de medición y control, mediante la evaluación de la instrumentación instalada para el monitoreo estructural en 12 presas de utilidad hidroagrícola***

La CONAGUA tiene la responsabilidad de operar y mantener en buenas condiciones la infraestructura hidráulica nacional, de la cual depende en buena medida el abastecimiento de agua potable a varias poblaciones, así como el de zonas agrícolas bajo riego y la generación de energía eléctrica.

Como parte del proceso de seguimiento y soporte para la toma de decisiones relacionados con la conservación, mantenimiento y operación de las principales presas del país, la CONAGUA encargó al IMTA la revisión de la instrumentación ligada al comportamiento estructural de 12 presas, a fin de determinar la funcionalidad de los instrumentos que la integran y, en su caso, hacer las recomendaciones correspondientes.

Durante la inspección se revisaron más de 1,000 instrumentos de diversos tipos. El diagnóstico arrojó que más de la mitad de los inclinómetros se encuentran dañados sin posibilidad de reposición, que la mayoría de los acelerógrafos requieren reparación o sustitución por aparatos más modernos, y que más de la mitad de los testigos superficiales requieren relocalización y muchos de ellos mantenimiento.

Con excepción de la pérdida de los inclinómetros que proporcionan información de deformaciones en el interior de la cortina, el resto de la instrumentación requiere una inversión relativamente pequeña, en comparación con el gran beneficio que se obtendría. De esta manera, se generó la información requerida para orientar y ejecutar las reparaciones correspondientes y, consecuentemente, mantener la instrumentación en condiciones apropiadas para mejorar la calidad y confiabilidad de los datos asociados con el estado de estructural de las presas monitoreadas.



Presa Santiago Bayacora, Durango.



Inclinómetro I-2 20.



Torre del Inclinómetro M-I 5

- ***Estudio en modelo físico del vertedor de la presa de almacenamiento Los Naranjos, Sinaloa***

La revisión del diseño de obras hidráulicas utilizando modelos físicos aún es una práctica efectiva, eficiente y confiable. Los resultados obtenidos permiten eliminar las incertidumbres del diseño analítico y, en muchos casos, hacer más solvente su construcción. Además, se generan nuevos conocimientos y metodologías para su diseño. El diseño y funcionamiento de vertedores se destacan entre las obras hidráulicas que se revisan tradicionalmente mediante modelos físicos.

Por solicitud de la CONAGUA, en 2011 se revisó el vertedor del proyecto de la presa de almacenamiento Los Naranjos, Sinaloa. La experiencia obtenida y la metodología de revisión desarrollada durante décadas de estudios mediante modelación física, permitieron detectar que la capacidad del diseño original es menor que la requerida; así también su geometría resulta ineficiente. Debido a lo anterior, se realizaron mejoras y adecuaciones al diseño y a la geometría, obteniéndose un funcionamiento hidráulico más eficaz y confiable del vertedor.



Modelación física del vertedor de la presa Los Naranjos, Sinaloa.

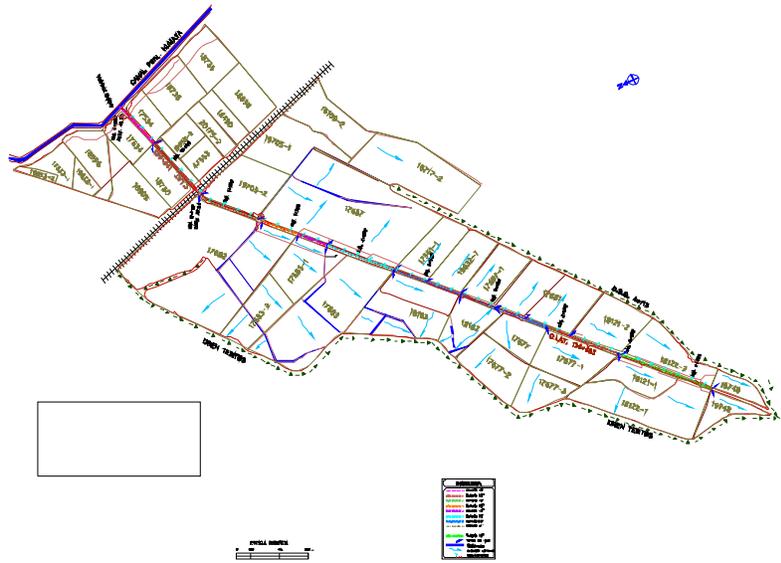
- ***Modernización de la red de distribución en el Módulo de Riego V-II del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa***

El Módulo de Riego V-II se localiza al final del Canal Principal Humaya del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. La problemática de la infraestructura hidroagrícola consiste en la falta de capacidad del Canal Principal Humaya, lo cual provoca problemas de baja disponibilidad del recurso hídrico, así como las condiciones físicas de la red de distribución del módulo. En respuesta a esta problemática, la CONAGUA y la Asociación de Usuarios Productores Agrícolas del Módulo de Riego V-II solicitaron al IMTA elaborar una propuesta de modernización de su red de distribución. El Instituto elaboró la propuesta a nivel de anteproyecto para modernizar mediante redes entubadas los 300 km de canales de la red de distribución del módulo que dominan una superficie de 30,000 ha, así como los proyectos ejecutivos para 100 km de canales de la misma red, que dominan una superficie de 18,000 ha, con lo que se inició la primera etapa del proceso de modernización.

La propuesta permite reducir los costos de mantenimiento en un 60%, incrementar la eficiencia de la red de distribución del 50 al 90% con entrega oportuna de los volúmenes, y facilitar la implementación de sistemas de riego presurizados de alta eficiencia. Por lo anterior, la eficiencia global podría pasar de 35 al 60 por ciento.



Módulo V-II con sus canales, dividido en ha y seis zonas de diseño.

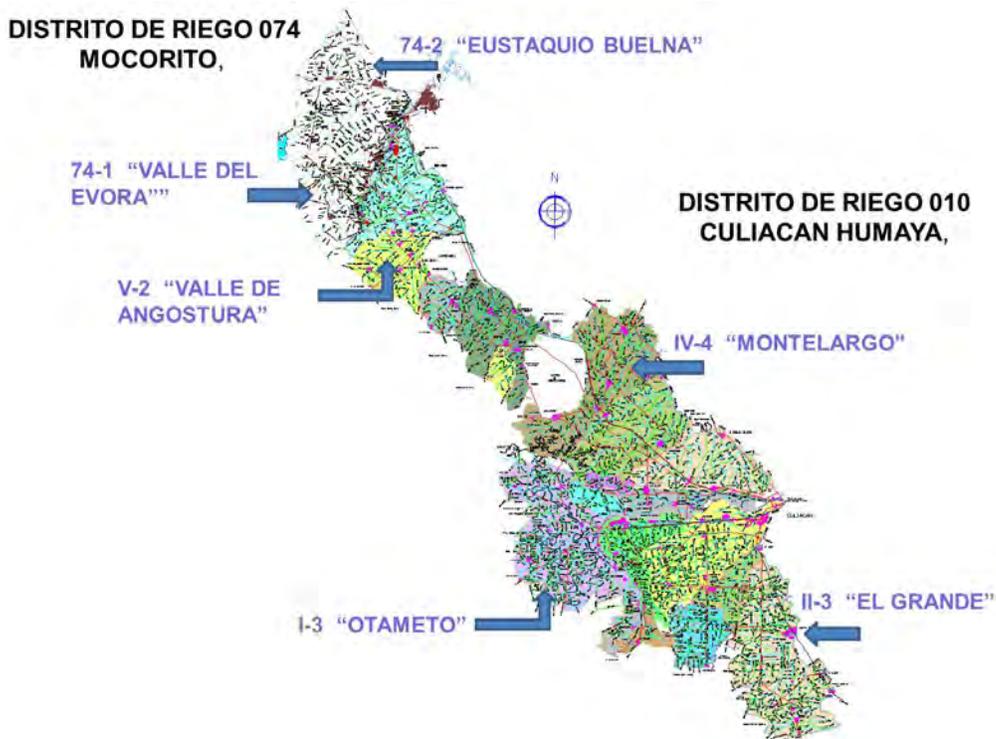


Plano del proyecto ejecutivo del lateral 136+683.

- **Asesoría en la operación y distribución de volúmenes disponibles en los distritos de riego 010 y 074**

En el ciclo agrícola otoño-invierno 2010-2011, en los Distritos de Riego 010 Culiacán-Humaya y 074 Mocorito, Sinaloa, se sembró la superficie programada de 126,324 ha. Por efecto de las heladas de febrero de 2011, toda esta superficie se declaró siniestrada por lo que fue resembrada, y adicionalmente se sembró una superficie de 47,669 ha. El total de la superficie con maíz y sorgo de 173,993 ha se sembró en un periodo de veinte días. Esta situación demandó optimizar la operación y distribución del agua entregada en puntos de control a los módulos de riego. La mayor problemática en la disponibilidad de agua de riego se presentó en seis módulos con una superficie de 95,867 ha, a los cuales el IMTA y la CONAGUA proporcionaron asesoría en aspectos de operación. Adicionalmente, el IMTA capacitó 68 técnicos en la medición del agua en la red de distribución y en el uso eficiente del agua en riego por gravedad.

La asesoría y capacitación proporcionadas permitió minimizar las pérdidas en la producción agrícola por efecto del déficit hídrico, resultando un rendimiento promedio para maíz de 6.0 t/ha, concluir satisfactoriamente el ciclo agrícola primavera-verano (totalmente atípico), disminuir conflictos sociales derivados de la falta del servicio oportuno del riego e incrementar las eficiencias en la red de distribución de los módulos.



Módulos con mayor problemática de disponibilidad de agua.



Asesoría en medición en la red de distribución.



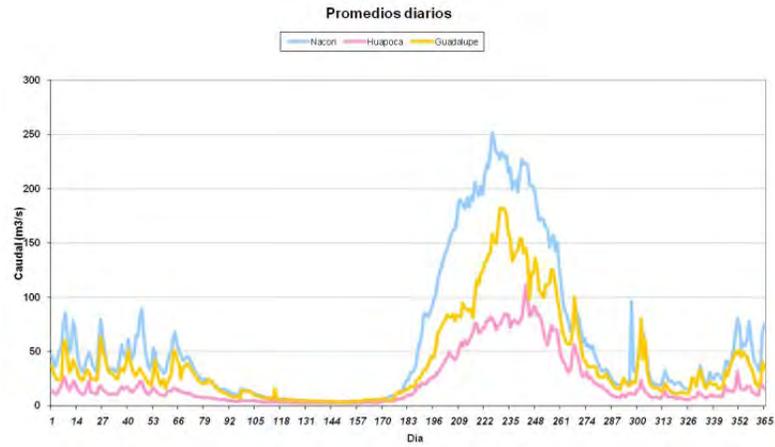
Capacitación a técnicos y usuarios de módulos de riego.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

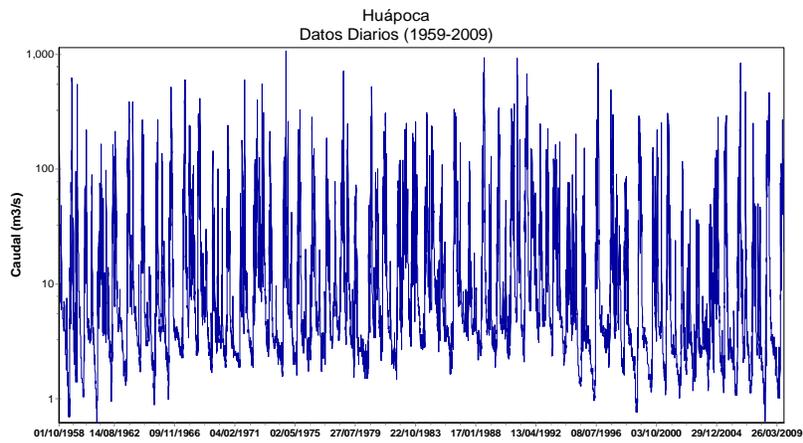
- ***Determinación del gasto ecológico mediante la aplicación de la metodología IHA-RVN, para el estudio de sustentabilidad del Proyecto Hidroeléctrico Madera, Chihuahua***

El Proyecto Hidroeléctrico Madera se ubica a 230 km de la presa Abraham González, sobre el río Papigochi. Comprende el aprovechamiento de 562 hm³ con un embalse de 1,487 ha. Los volúmenes de agua almacenados en la presa serán trasladados por medio de una conducción en túnel de 21 km, para tener una carga del orden de 520 m, siguiendo por una tubería a presión de 1.6 km, a la casa de máquinas a cielo abierto con tres turbinas Pelton, y un túnel corto de desfogue hacia el río Tutuaca. Por lo anterior, se requirió reconocer las variaciones naturales del régimen de caudal en la estación Papigochi para recomendar los límites del gasto ecológico mensual aguas abajo del embalse.

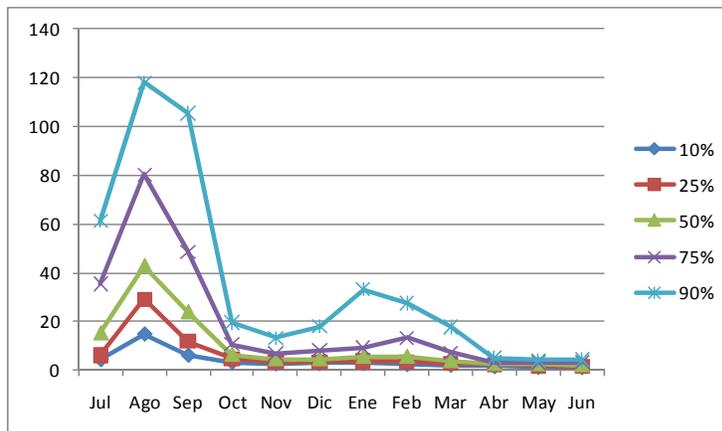
Se utilizó el *software* estadístico IHA-RVN v.7.1 2010, de TNC, y los criterios de caudal ecológico asociados que establece la asignación de un régimen de caudal ecológico y no un caudal mínimo, reproduciendo en lo posible y a escala las variaciones naturales. A partir de la variabilidad intra-anual en la estación Huapoca (09080) y a su patrón histórico interanual, se establecieron los límites mensuales entre el percentil 10 y 25 aguas abajo del embalse, considerando mayores descargas en época de lluvias en años abundantes para la conservación del caudal base.



Variación intra-anual en la estación Huápoca.



Variación interanual en la estación Huapoca.



Límites para asignar caudales mensuales.

- ***Ahorro de agua mediante recuperación de purgas en torres de enfriamiento a través de la eliminación de microorganismos, sílice y otras especies***

El proyecto, apoyado por el CONACYT, tiene como objetivo evaluar el proceso de electrocoagulación como alternativa para eliminar sílice, que limita el reúso del agua en sistemas de enfriamiento. La electrocoagulación es un proceso electroquímico para el tratamiento de agua que se ha venido estudiando desde hace más de cien años por diversos investigadores, sin embargo, no se ha generalizado su uso a escala industrial por los altos costos de operación e inversión que implica.

En el IMTA se trabaja sobre la optimización de los reactores, con la finalidad de disminuir los costos y proporcionar información confiable a la CFE sobre la pertinencia de utilizar este tipo de sistemas en las torres de enfriamiento para aumentar los ciclos de concentración. La principal variante respecto a los sistemas estudiados previamente, es que se está trabajando con reactores a flujo pistón, abiertos a la atmósfera, lo que permite la disminución de las zonas muertas y cortos circuitos dentro del volumen activo del reactor, así como la liberación continua del gas generado durante la reacción electroquímica.

El desempeño de un prototipo denominado reactor-floculador, tanto a escala semipiloto como piloto, ha resultado satisfactorio en cuanto a la producción de aluminio y la remoción de sílice. Este sistema se utilizó para calcular el escalamiento y evaluar la factibilidad económica del sistema para el tratamiento de 160 lpm de agua de repuesto utilizada en la termoeléctrica de CFE Salamanca.

Las estimaciones hasta ahora realizadas indican como costo de tratamiento \$6.00/m³ y se tiene una proyección para recuperar la inversión en cinco años aproximadamente. Sin embargo, se requiere el proyecto ejecutivo para tener costos más reales de inversión.

La aplicación de esta tecnología en torres de enfriamiento permitiría la recuperación de importantes volúmenes de agua para la industria con los consiguientes beneficios ambientales y económicos.



Vista de la planta piloto con reactor-floculador.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON PETRÓLEOS MEXICANOS

- ***Recuperación de purgas provenientes de torres de enfriamiento, sistemas de generación de vapor y UDAS (unidad desmineralizadora de agua), propuesta para PEMEX-Gas***

El proyecto surgió de la necesidad de desarrollar tecnología que permita el ahorro de agua en los centros procesadores de PEMEX-Gas y Petroquímica Básica, mediante el mejoramiento de la calidad del agua de repuesto para incrementar los ciclos de concentración en los sistemas de enfriamiento, o mediante la recuperación de las purgas de las torres de enfriamiento y calderas.

Se revisó el estado de la tecnología en los tópicos de recuperación de agua de purgas y se encontró que las tecnologías propuestas para su evaluación en el proyecto (electrocoagulación, procesos de membranas y aplicación de campos magnéticos), corresponden a las tendencias mundiales, por lo que se analiza la forma en que pueden acoplarse con el fin de obtener el mejor esquema de manejo del agua en los centros procesadores de gas.

Después de caracterizar el agua de repuesto y agua de purgas, se determinó que la estrategia más conveniente para el ahorro de agua es el tratamiento de purgas para su recuperación.

El tren de tratamiento propuesto para la recuperación de purgas incluye dos etapas, en la primera se remueve sílice y fosfatos por electrocoagulación y en la segunda se

remueve dureza y sólidos disueltos utilizando membranas de nanofiltración. La evaluación en el laboratorio, así como el análisis del balance de agua han resultado favorables, por lo que se trabaja en encontrar las condiciones que permitan la mayor recuperación de agua utilizando este acoplamiento. En cuanto a la incorporación del tratamiento magnético como auxiliar para la inhibición de incrustaciones, se realizan pruebas para determinar los puntos en que esta alternativa pueda ser aplicada en beneficio de los sistemas de enfriamiento.

El resultado esperado es que la implementación del acoplamiento de tecnologías permitirá el reúso del agua en esta industria para disminuir el consumo de agua limpia, permitiendo el intercambio de agua tratada por agua de primer uso, incrementado la disponibilidad de este recurso para otros usos, disminuyendo las descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores y los costos de operación y mantenimiento al reducir la formación de incrustaciones en tuberías y equipos.



Muestreo de agua en instalaciones de PEMEX-Gas.

- ***Elaboración de las bases de diseño para la remodelación del tratamiento primario de las aguas residuales aceitosas en la refinería Gral. Lázaro Cárdenas de Minatitlán, Veracruz***

En apoyo a las acciones de tratamiento de aguas residuales en las instalaciones de Pemex Refinación, en la refinería Gral. Lázaro Cárdenas de Minatitlán, Veracruz, se realizaron los trabajos para determinar los parámetros de diseño de los diferentes sistemas de tratamiento de los efluentes aceitosos, el diseño conceptual del sistema seleccionado y la determinación de los costos. Asimismo, se elaboraron las bases de diseño para licitar la remodelación del tratamiento primario del agua residual aceitosa de la refinería.



Separadores de efluentes aceitosos.



Zona de efluentes.

- ***Auditorías en materia de agua en seis refinerías, propuesta para PEMEX-Refinación***

Como parte de los trabajos que llevó a cabo la Subgerencia de Enlace Institucional de Pemex Refinación, se detectó la necesidad de realizar monitoreos para conocer la calidad de las diferentes descargas de las refinerías en México. Para este fin, el IMTA hizo la caracterización (calidad y aforo) de diferentes descargas de agua residual generadas por las seis refinerías: descarga principal de la refinería, el influente y el efluente de las plantas de tratamiento de aguas negras, el agua de rechazo de las UDA y los aportes puntuales de tres plantas de proceso. Asimismo, se efectuó la inspección física del área de efluentes y se generó un diagnóstico general de las instalaciones de cada una de las refinerías.



Laguna de oxidación, refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime, Salina Cruz, Oaxaca.



Toma de muestra en fosa química, refinería Ing. Antonio M. Amor, Salamanca, Guanajuato.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS

- ***Manejo integral del agua en el albergue escolar indígena de Choguita, Bocoyna, Chihuahua***

La Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) opera albergues escolares indígenas en 21 entidades federativas de la República Mexicana, sumando un total de 1,079 albergues. Estos albergues proporcionan servicios de hospedaje y alimentación a niños y niñas indígenas, y constituyen espacios para facilitar el acceso a los diferentes niveles educativos, establecer estrategias paralelas para disminuir los riesgos a la salud, fortalecer la identidad cultural, contribuir en la mejora del estado nutricional y a fomentar a actividades de recreación y esparcimiento.

Con el fin de mejorar el nivel de vida de los niños y niñas del albergue escolar indígena en la localidad de Choguita, Bocoyna, Chihuahua, la CDI, junto con el IMTA, propusieron establecer un modelo en el manejo integral del agua con enfoque sustentable en dicho albergue.

Durante 2011, se realizó la instalación y seguimiento de las siguientes tecnologías: un sistema de potabilización de 760 l/d de capacidad a base de un filtro de carbón activado y osmosis inversa, un tanque de almacenamiento de agua cruda y tanque de almacenamiento para agua potabilizada e instalación de un presurizador de 19 galones para enviar agua potabilizada al área de la cocina; rehabilitación de la fosa séptica existente e instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de humedales artificiales de flujo subsuperficial para tratar una descarga de 17 m³/d, aproximadamente; un huerto/invernadero de 120 m² con riego superficial intermitente equipado con un tanque de descarga de fondo de 200 litros y tres líneas

de cintilla de baja presión por cama, este huerto/invernadero está protegido con estructura y malla antiácidos; un gallinero para albergar hasta doscientas aves; un sistema fotovoltaico de 8,900 Wh/d de capacidad; un sistema de calentadores solares con una capacidad de 3,500 l/d; un estanque acuícola tipo *raceway* de 8.6 m³ para el cultivo de trucha arco iris; un tanque de almacenamiento de 50 m³ para recircular el agua al estanque de engorda de peces y/o huerto/invernadero, y dos bodegas de 10.9 m², una para herramientas y otra para almacenar alimento de peces y semillas.

Con estas acciones se estableció un esquema para aprovechar de manera integral el agua y los recursos de los albergues escolares indígenas, lo que se constituyó como un soporte fundamental, y para mejorar las condiciones ambientales, de salud y bienestar bajo las cuales se realizan las actividades educativas de los niños y niñas que ahí acuden.



Caseta de planta potabilizadora y cisterna de almacenamiento de agua.



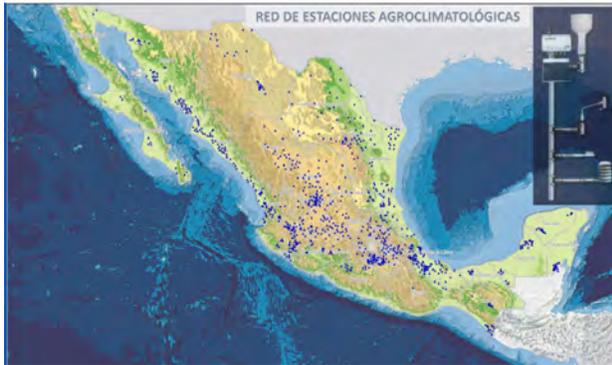
Arreglo final de los paneles fotovoltaicos.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COORDINADORA NACIONAL DE LAS FUNDACIONES PRODUCE, A. C. (COFUPRO)

- ***Desarrollo de un sistema de gestión de la calidad para la operación de las estaciones agroclimáticas***

Para lograr resultados óptimos y datos confiables obtenidos por medio de la red de estaciones agroclimatológicas, se calibraron en total 321 sensores de las Fundaciones Produce de Nuevo León (180) y Morelos (141). Los sensores calibrados son los de: precipitación pluvial, temperatura del aire, humedad relativa, dirección del viento, velocidad del viento y radiación solar.

Con el propósito de conocer el estado actual de operatividad y condiciones de la red nacional de estaciones agroclimatológicas en el país, coordinadas por la COFUPRO, se realizó una visita a 130 estaciones en 22 estados para verificar la transmisión-recepción de datos, estado físico de la estación (estructura, sensores, recinto) y mantenimiento, entre otros.



Red de estaciones agroclimatológicas de la COFUPRO.



Tipo de sensores calibrados.



Ubicación de las estaciones consideradas para el diagnóstico.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ENTIDADES Y MUNICIPIOS

Baja California

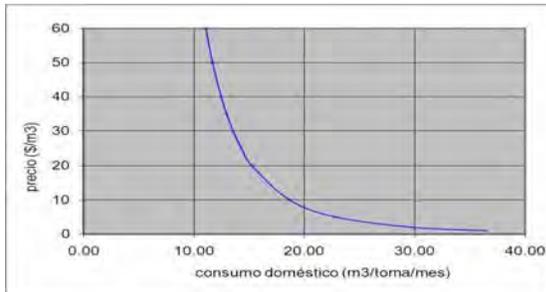
- ***Evaluación socioeconómica del anteproyecto de derivación del Acueducto Río Colorado-Tijuana al Sistema Morelos de Ensenada, Baja California***

La ciudad de Ensenada, Baja California, enfrenta un severo desabasto de agua potable porque sus fuentes de abastecimiento se conforman por pozos profundos cuyo potencial de explotación ha disminuido al depender directamente de la precipitación pluvial que ocurre en la región. Desde 1999, la precipitación promedio anual registrada es de 187.9 milímetros, misma que representa 28% menos que la media anual de 262.5 milímetros, ocasionando que la disponibilidad de explotación haya disminuido cada año al disponerse de una menor cantidad de agua susceptible de ser extraída.

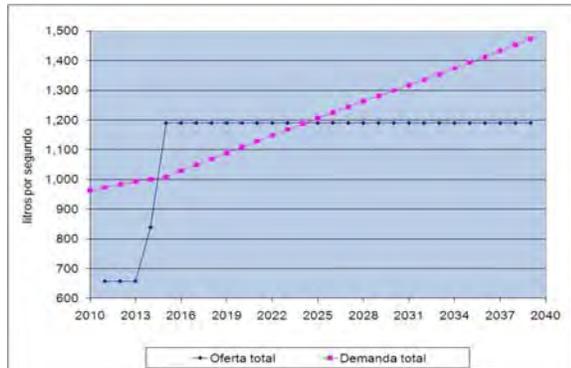
El IMTA desarrolla este proyecto que analiza la situación actual de oferta-demanda y evalúa distintas alternativas para incrementar el volumen de agua suministrado, así como la viabilidad socioeconómica de un proyecto de este tipo para atender la demanda de agua potable.

El estudio muestra la viabilidad socioeconómica del proyecto Derivación del Acueducto Río Colorado-Tijuana al Sistema Morelos de Ensenada, ya que arroja un valor actual neto social positivo de 87.08 millones de pesos y una tasa interna de retorno social del 13.2%. Los análisis de sensibilidad realizados demuestran que es poco probable que el proyecto pierda rentabilidad positiva ante variaciones de los principales parámetros que definen los indicadores de evaluación del proyecto, tales como los costos de inversión, operación y mantenimiento, y los beneficios cuantificados por mayor consumo.

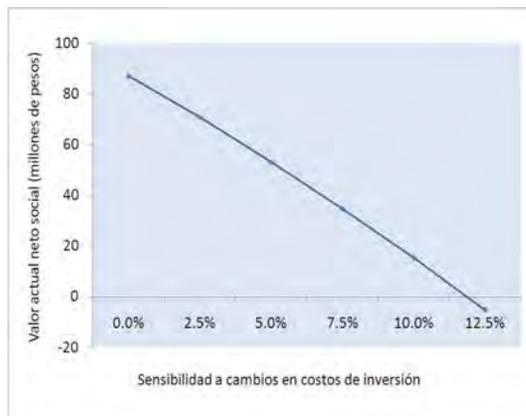
Una vez que la obra se construya e inicie operaciones, los habitantes de la zona urbana de la ciudad de Ensenada recibirán el servicio de agua potable de manera continua sin necesidad de tandeos, y podrán incrementar su dotación de agua potable de 125 a 194 litros por habitante al día.



Curva de demanda para usuarios de tipo doméstico en Ensenada.



Balance oferta-demanda con la ejecución del proyecto de infraestructura.



Variación del valor actual neto social ante cambios en el monto de inversión.

- ***Estudio socioeconómico del proyecto de rehabilitación, ampliación y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Antonio de los Buenos, Tijuana, Baja California***

El proyecto de rehabilitación, ampliación y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Antonio de los Buenos tiene como objetivo incrementar la cobertura de saneamiento del agua residual que se genera en la ciudad de Tijuana, Baja California, así como atender necesidades futuras por el crecimiento poblacional de la misma zona. Además, permitirá cumplir con la normatividad en materia ambiental al descargar agua tratada a la zona costa del océano Pacífico, sin rebasar los límites máximos de descarga de contaminantes establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996 y en la Ley Federal de Derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales. Asimismo, permitirá cumplir con los acuerdos binacionales suscritos por los gobiernos de México y Estados Unidos, a través de sus respectivas secciones de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, donde ambos gobiernos se obligan a resolver prioritariamente los problemas fronterizos de saneamiento. Una vez que entre en operación la planta, también se logrará disminuir la generación de biosólidos, el consumo de energía eléctrica y los costos de operación y mantenimiento, con respecto a los costos con los que actualmente opera la planta.

Se contempla una inversión de \$512.6 millones de pesos para una planta de lodos activados convencionales con cogeneración de energía eléctrica, capacidad de 1,500 l/s y un caudal máximo instantáneo de 2,000 l/s en un sistema de tratamiento a base de pretratamiento, planta de bombeo, sedimentación primaria, tanque de lodos activados convencionales con cogeneración de energía eléctrica, sedimentación secundaria, desinfección por ultravioleta, espesado de lodos, digestión anaerobia de lodos y desaguado de lodos, para tratar el agua residual que se generan en Tijuana.

El proyecto tendrá un impacto ecológico positivo al dejar de descargar agua contaminada en el arroyo San Antonio de los Buenos y en la costa del océano Pacífico, ya que actualmente la descarga de agua residual en la costa del poblado de San Antonio de los Buenos constituye una fuente puntual antrópica donde una masa de contaminantes se descargan en el ecosistema marino. Además en el punto de descarga se aprecian claramente los desechos sólidos y se perciben mal olor, a pesar de la inyección de gas cloro que se aplica antes de descargar al mar. También tendrá un impacto positivo en la afluencia turística en las playas de Tijuana y Rosarito, al evitar que las autoridades de Tijuana y de la ciudad de San Diego emitan alertas a la población de evitar tener contacto con el agua de las playas, lo cual ha sucedido en años anteriores.

El estudio socioeconómico analizó varias alternativas para atender la problemática de saneamiento y permitió concluir que la alternativa elegida tiene el menor costo anual equivalente de \$80.9 millones de pesos. Además, la alternativa seleccionada tiene otras ventajas técnicas ya que utiliza la digestión anaerobia de lodos que es la opción más conveniente para efectuar la estabilización de los lodos generados y el costo de operación y mantenimiento representa un ahorro anual de 24 millones de pesos, incluyendo el beneficio de la cogeneración, con respecto de la digestión aerobia. Otra ventaja es que utiliza un proceso de tratamiento probado en distintas ciudades en México y que asegura el cumplimiento de calidad de agua tratada y dada su configuración, es idónea para efectuar en un futuro la remoción biológica de nitrógeno.



Sistema lagunar de tratamiento actual de la PTAR San Antonio de los Buenos.



Zona de descarga a cielo abierto en la costa del océano Pacífico.

Chiapas

- ***Proyectos para el Jobo y Copoya, y derivación a la Reliquia del sistema de agua potable de Tuxtla Gutiérrez***

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez ha estado sujeta a un crecimiento de la población importante en los últimos años, expresado por nuevos fraccionamientos y asentamientos irregulares. La infraestructura actual de agua potable es insuficiente para responder a esta demanda.

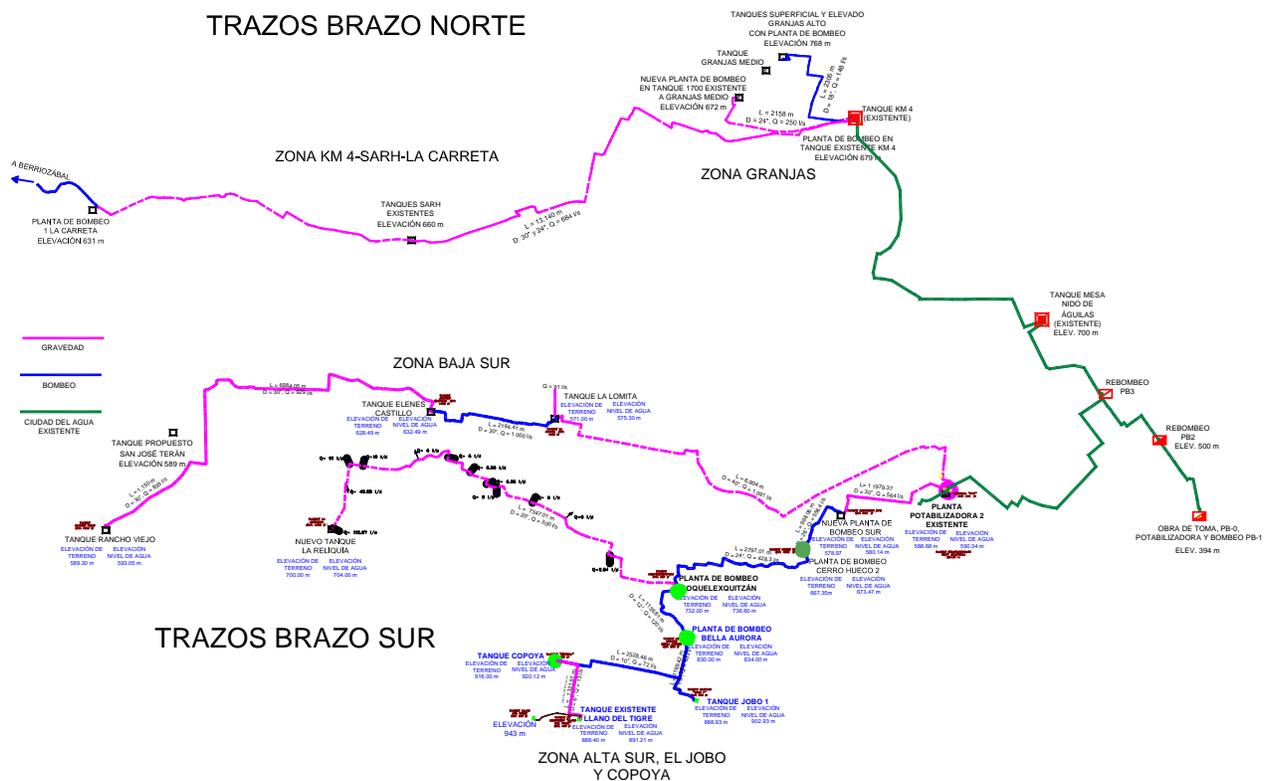
El proyecto que desarrolla el Instituto tiene por objeto diseñar infraestructura hidráulica nueva para incrementar la capacidad y aprovechar a plenitud el acueducto Río Grijalva- Nido de Águilas, para ayudar a cubrir el servicio diario de agua potable en toda la ciudad con un horizonte de diseño del año 2035.

Las obras a construir se dividen en Brazo Norte y Brazo Sur. El Brazo Norte, que actualmente se encuentra en construcción, abastecerá de agua potable a la parte norte de Tuxtla Gutiérrez, incluyendo a las zonas Patria Nueva y Granjas, y a la

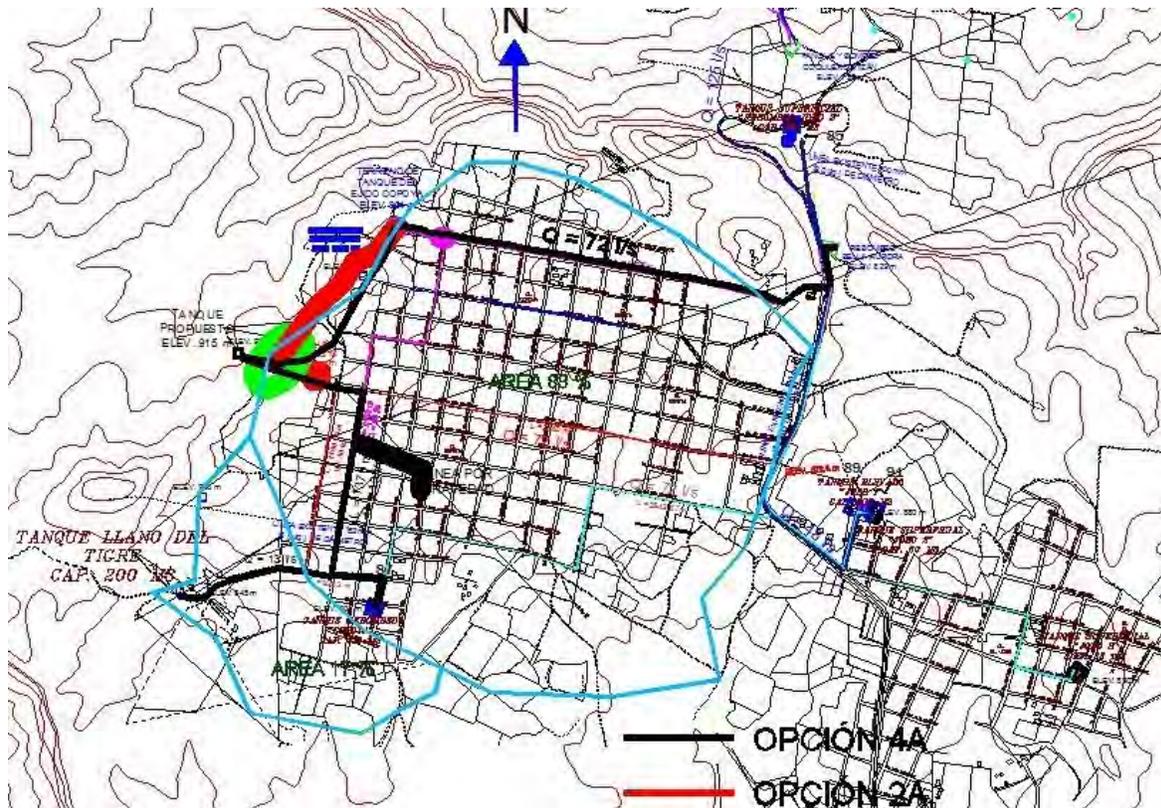
ciudad de Berriozábal. El Brazo Sur abastecerá a la parte sur de Tuxtla Gutiérrez, incluyendo el gran desarrollo urbano Nuevo Tuxtla en el surponiente de la ciudad, y a las localidades de Copoya y El Jobo.

Como resultado del proyecto figuran el análisis integral y proyectos ejecutivos de: una nueva planta de bombeo (Rebombeo Sur), un nuevo tanque-rebombeo (Cerro Hueco), otro tanque-rebombeo ubicado en Coquelexquitzán, el tanque La Reliquia 2, la línea de conducción por gravedad nueva de la planta potabilizadora 2 Los Pájaros a la planta de bombeo Rebombeo Sur, la línea de bombeo del Rebombeo Sur al tanque-rebombeo Cerro Hueco, la línea de bombeo de Cerro Hueco al tanque Coquelexquitzán, la línea de conducción y distribución por gravedad del tanque Coquelexquitzán al tanque Reliquia 2 que dará servicio a unas 12 derivaciones en su extensión, la línea de bombeo del cárcamo Coquelexquitzán al rebombeo Bella Aurora, la línea de bombeo del cárcamo Bella Aurora al tanque Copoya, el tanque Copoya, la línea de bombeo del cárcamo Bella Aurora al tanque El Jobo, el tanque elevado El Jobo 2 y la línea de conducción por gravedad del tanque Copoya al rebombeo Llano del Tigre.

El impacto del proyecto consiste en proveer servicio de agua potable a zonas de crecimiento y mejorar el servicio a usuarios existentes a una población total de 260,000 habitantes.



Esquema del proyecto Brazos Norte y Sur, Tuxtla Gutiérrez.



Opciones de trazos de líneas en Copoya.

Chihuahua

- ***Estudio simplificado de la situación y diagnóstico de la modernización del área comercial de la juntas municipales de agua y saneamiento de las ciudades de: Chihuahua, Ciudad Juárez, Nuevo Casas Grandes, Cuauhtémoc, Delicias e Hidalgo del Parral***

En general, los organismos operadores de los servicios de agua y saneamiento en México presentan deficiencias significativas para el cumplimiento adecuado de sus objetivos. Entre los principales problemas destacan la ausencia de recursos económicos suficientes, la falta de continuidad y las deficiencias en la gestión y planeación de largo plazo, así como ineficiencias en la gestión organizacional, técnica y comercial, además de que los marcos jurídicos y regulatorios frecuentemente son inadecuados. A ello se suman estructuras y niveles tarifarios que no reflejan los costos del servicio; una politización de las decisiones y programas, que se empeora por la baja disposición de pago de los usuarios; endeudamiento excesivo y la rigidez en los esquemas de autorización de tarifas. A pesar de toda

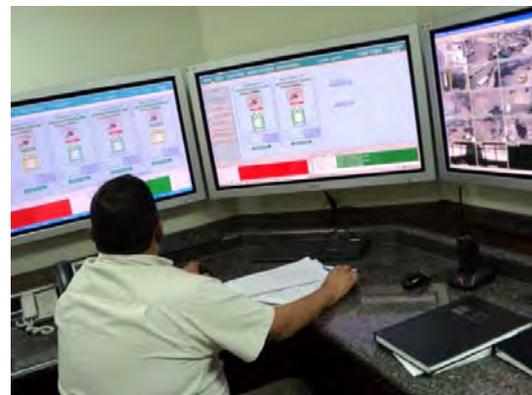
esta problemática, los sistemas de agua potable han comenzado a implementar acciones en los últimos años, para lograr aumentar las coberturas y la mejora de las eficiencias.

La Junta Central de Agua y Saneamiento, con participación de las juntas municipales de Agua y Saneamiento de las ciudades de Chihuahua, Ciudad Juárez, Nuevo Casas Grandes, Cuauhtémoc, Delicias e Hidalgo del Parral, acordaron en conjunto con el IMTA, la elaboración de un Diagnóstico Integral y de Planeación para cada uno de los organismos operadores antes mencionados. El objetivo principal es obtener un programa de acciones priorizado para la gestión y mejora de eficiencias e inversiones de las seis juntas municipales de Agua y Saneamiento ubicadas en Chihuahua. Estas acciones se priorizan tanto a corto (uno-dos años) y mediano plazo (tres-cinco años), para mejorar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en un marco de autosuficiencia técnica, financiera y ambiental.

Para lograr el objetivo general, se obtuvieron una serie de indicadores técnicos, comerciales y financieros seleccionados con base en la información proporcionada por cada una de las juntas, a fin de analizar su eficiencia operacional, su condición financiera y su capacidad institucional, así como el potencial que tienen para extender y mejorar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. De igual forma, con los datos obtenidos, se obtuvieron los programas de acciones e inversiones a corto y mediano plazos en cada una de las seis juntas municipales.



Líneas de conducción de agua potable en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua.



Sala de control telemétrico, Ciudad Juárez.



Cárcamo de llegada y bombas sumergibles Sur (PTAR Sur), Chihuahua.



Punto de extracción de agua. Mina Beta Colorada, Parral, Chihuahua.

Coahuila

- ***Estudio y asistencia técnica para la licitación e instalación de siete plantas potabilizadoras para remoción de arsénico en Torreón***

El acuífero de la región lagunera, en algunas localidades, presenta altos contenidos de arsénico, lo que pone en riesgo la salud de la población.

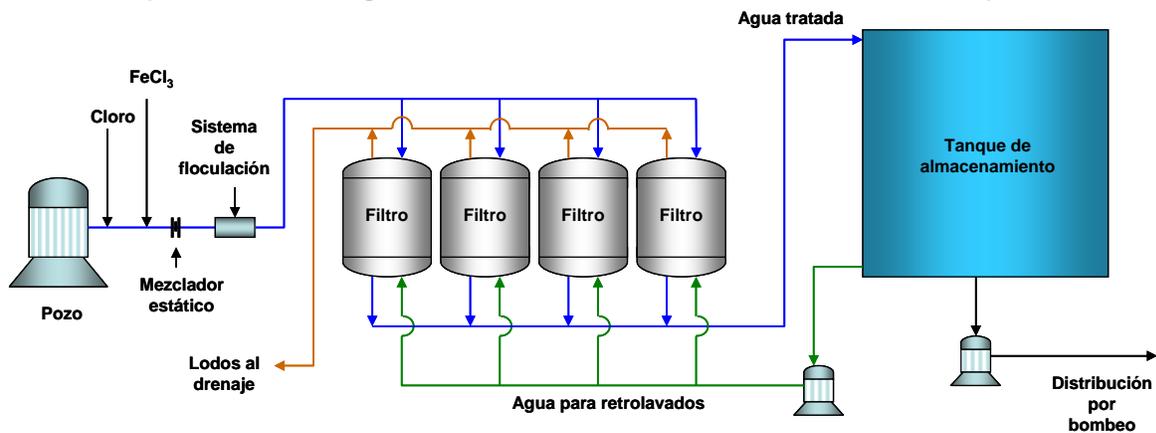
Con el fin de complementar e instalar nueva infraestructura para la remoción de arsénico de las fuentes de agua, el Sistema Municipal de Agua y Saneamiento de Torreón, Coahuila, solicitó el apoyo del IMTA para la selección, licitación, seguimiento de la construcción, instalación y puesta en marcha de las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico (As) con que tratarán el agua de siete fuentes de abastecimiento que contienen arsénico en concentraciones por arriba del la NOM-127-SSA1-1994 (modificación año 2000).

La solución que el IMTA propuso en los pozos seleccionados es que se instalen filtros rápidos a presión con lecho dual de arena-antracita, con aplicación en línea de cloro (gas cloro o hipoclorito de sodio) y cloruro férrico (FeCl_3) como coagulante, para que el arsénico presente en el agua se adsorba en los flocs formados y estos sean, a su vez, retenidos por filtración. Este proceso se denomina filtración directa para la remoción de As, ya que no cuenta con unidades de floculación ni sedimentación previas a los filtros.

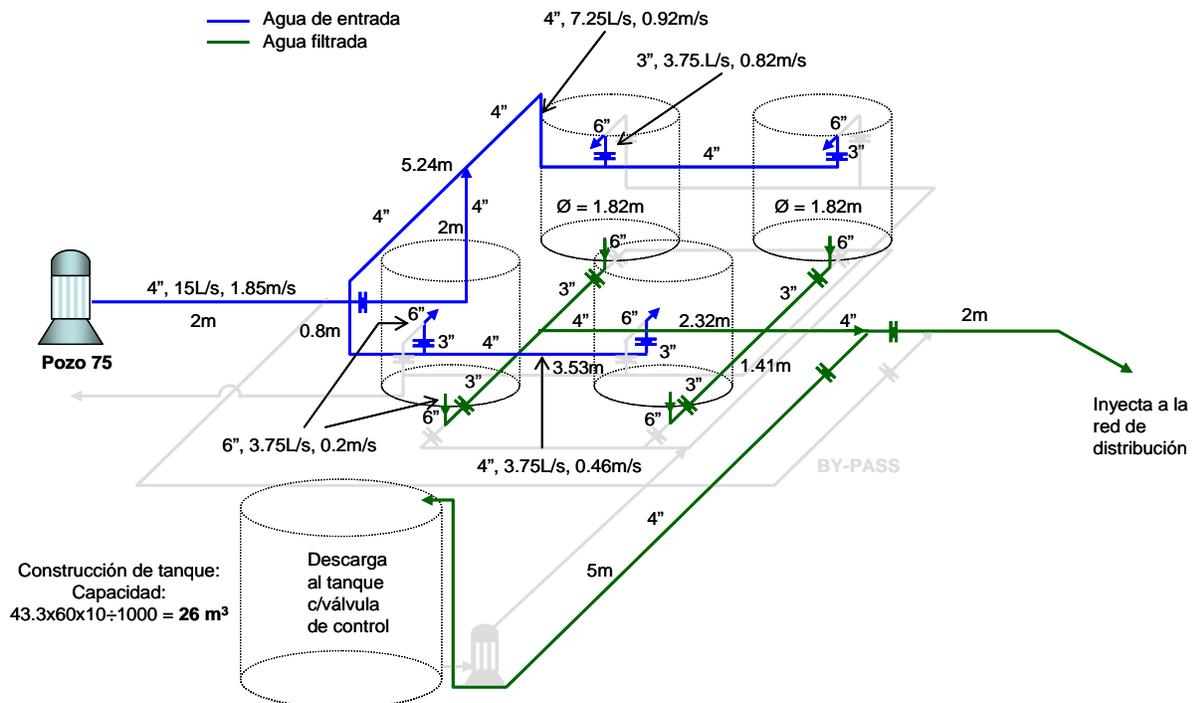
Los principales resultados han sido: 1) análisis de la infraestructura hidráulica y electromecánica en cada uno de los siete pozos para determinar los arreglos necesarios para la instalación de las plantas potabilizadoras. De acuerdo con los criterios de la CONAGUA, los sistemas de bombeo 50 y 75 requieren mantenimiento;

2) dimensionamiento de los sistemas de tratamiento que se instalarán; se diseñaron siete plantas de filtración directa con filtros a presión, y 3) elaboración de la parte técnica de los términos de referencia para la licitación pública de las plantas para remoción de arsénico.

La presencia de arsénico en el agua es un problema de salud que requiere ser atendido. En este caso, la implementación de las plantas potabilizadoras en la ciudad de Torreón permitiría dar agua libre de arsénico a alrededor de 59,000 personas.



Esquema general de la filtración directa.



Isométrico de filtros propuestos en el pozo No. 75.

Distrito Federal

- ***Proyectos ejecutivos para el manejo sustentable del agua en los tecnológicos Milpa Alta, Tláhuac I, Tláhuac II y Gustavo A. Madero***

Actualmente, en el Distrito Federal están en proceso de construcción los Tecnológicos de Milpa Alta, Tláhuac I y II y Gustavo A. Madero, para los cuales el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) solicitó al IMTA la elaboración de una serie de proyectos de uso sustentable del agua mediante la captación, almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento y reúso del agua pluvial. En particular, en el tecnológico de Milpa Alta se carece de red de agua potable y, en los tres restantes, se desea depender menos de la red.

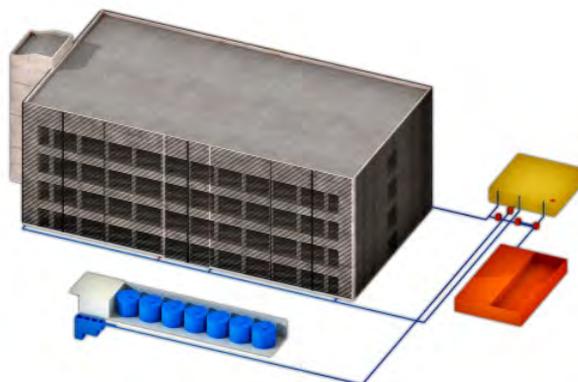
Para determinar la infraestructura necesaria para captar y aprovechar el agua de lluvia, se estimaron los potenciales de captación y aprovechamiento de agua pluvial en cada tecnológico, resultando 640 m³/año en los del Valle del Distrito Federal y de 990 m³/año en el de Milpa Alta. Esto incluye la captación en el techo de los edificios, con una cubierta de geomembrana de PVC, un sistema de conducción y una cisterna superficial de almacenamiento de 250 m³, además de un sistema de filtrado y clorado del agua almacenada.

Para el agua residual se diseñó un humedal artificial, con la finalidad de reutilizar el agua tratada en el riego de áreas verdes. En los casos que no se disponga de espacio para el humedal se propone utilizar una PTAR prefabricada con capacidad de 66 metros cúbicos por día, y asimismo reutilizar el agua para riego de jardines.

El contar con disponibilidad de agua pluvial en Milpa Alta permite un ahorro monetario en la compra de pipas de agua, aminorando así el gasto por este concepto debido a que no se cuenta con otra fuente de abastecimiento; así también, en los otros tres tecnológicos revisados, se tiene una disponibilidad de agua para los periodos de interrupción en el servicio de la red, contando con una dotación promedio por alumno de tres litros por día hábil del periodo escolar, siendo que el edificio está proyectado para albergar a 1,200 alumnos.



Abastecimiento de agua mediante pipas en el Tecnológico Milpa Alta, debido a la falta de red pública de agua potable.



Esquema del sistema de captación y aprovechamiento del agua pluvial en el tecnológico Gustavo A. Madero.

Guanajuato

- ***Diseño y pruebas de funcionamiento de una planta potabilizadora demostrativa unifamiliar o comunitaria para la comunidad rural Peregrina, Guanajuato***

Dada la necesidad de contar con una tecnología adecuada para potabilizar las aguas de fuentes superficiales de pequeñas comunidades en Guanajuato, se adaptó, diseñó y construyó una planta piloto a escala real de filtración en múltiples etapas (FIME) en la localidad rural Mineral de Peregrina. Este proyecto tuvo como objetivo demostrar que este tipo de tecnología es adecuada para la apropiación social de la comunidad y funciona eficientemente. La potabilizadora es de operación sencilla, no requiere electricidad y es de bajo mantenimiento. Cuenta con un filtro grueso dinámico, dos filtros gruesos ascendentes en serie y un filtro lento de arena, además se clora el agua a la salida de la planta para conservar la calidad bacteriológica en la red.

Hombres y mujeres de la comunidad fueron capacitados durante la etapa de puesta en marcha de la planta y es importante señalar que la comunidad participa organizadamente en la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua completo: bombeo, planta potabilizadora y red de distribución de agua.

La planta FIME funciona adecuadamente cumpliendo con la modificación a la NOM-127-SSA1-1994. Entre los resultados de la encuesta aplicada a usuarios destaca que para el 96% la calidad es satisfactoria (agua clara, más limpia, sin olor); para el 88% la cantidad es aceptable; sólo el 16.3% de los usuarios son morosos y el 85% recomendaría a otras comunidades la implementación de una potabilizadora FIME con autogestión.

Por otra parte, se elaboró un video de divulgación para apoyar la posible replicación del caso en otras comunidades.

Después de un año de funcionamiento, la implementación de la planta potabilizadora FIME ha tenido los siguientes impactos: 1) mejor valoración del agua, que se manifiesta porque hay ahorro en el consumo de agua y distribución más equitativa entre los usuarios; 2) bienestar y confort: agua más limpia para bañarse y lavar su ropa, 3) comodidad: ahorro de tiempo y esfuerzo al reducir acarreo de agua de otra fuente, 4) cumplimiento en el pago de tarifas de agua y 5) fortalecimiento de su capacidad de organización y participación comunitaria.



**Vista panorámica
de la planta FIME Peregrina.**



Usuaría de agua.

Jalisco

- ***Análisis de sedimentos, futuros sedimentos y suelos en la zona de influencia del proyecto de la presa y sistema de bombeo Purgatorio-Arcediano, Comisión Estatal del Agua de Jalisco***

La zona conurbada de Guadalajara (ZCG) tiene 4.1 millones de habitantes y actualmente tiene un déficit en el abastecimiento de agua de 3.5 m³/s. Con la construcción de la presa y sistema de bombeo Purgatorio-Arcediano, se podrá abastecer la ZCG con 5.6 m³ por segundo.

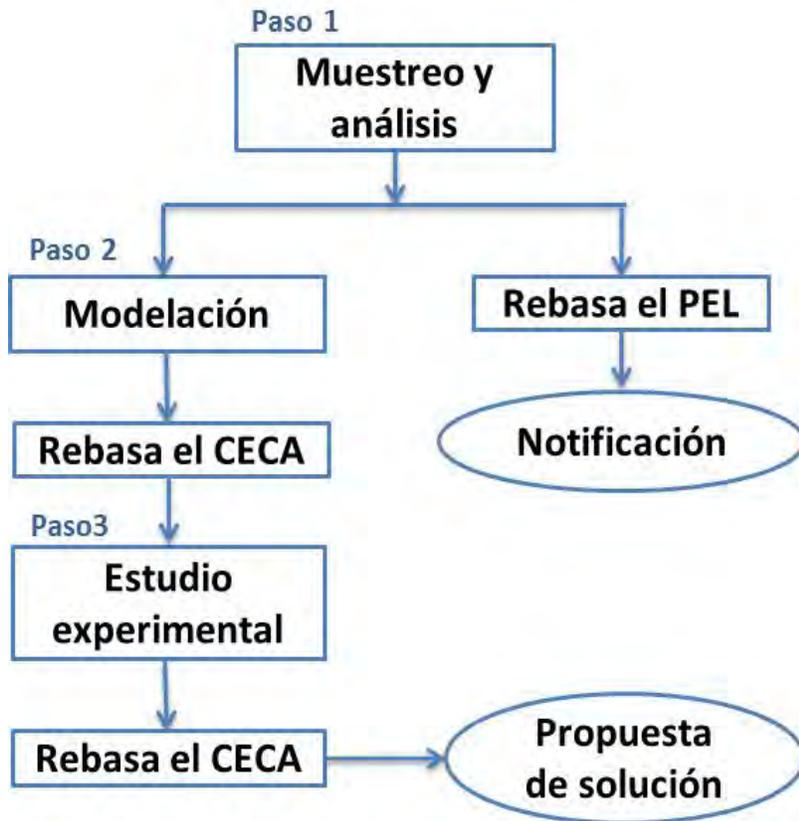
Existe inquietud de si la contaminación de sedimentos y suelos puede comprometer la calidad del agua. Aunque estos sólidos pueden actuar como fuentes secundarias de contaminantes, no se conocen criterios que permitan establecer directamente esta relación. Para ello, se desarrolló y se aplicó una metodología para estimar riesgos de contaminar el agua por lixiviación de contaminantes acumulados en los sedimentos de la zona de estudio, realizándose muestreos de sedimentos en épocas de lluvia y estiaje, y evaluación respecto a criterios de calidad de sedimentos.

Asimismo, se realizó un estudio experimental y modelación numérica de la lixiviación de contaminantes en sedimentos bajo diferentes condiciones de óxido-reducción y profundidad del agua en la presa. Los resultados fueron comparados con Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) para agua como fuente de abastecimiento.

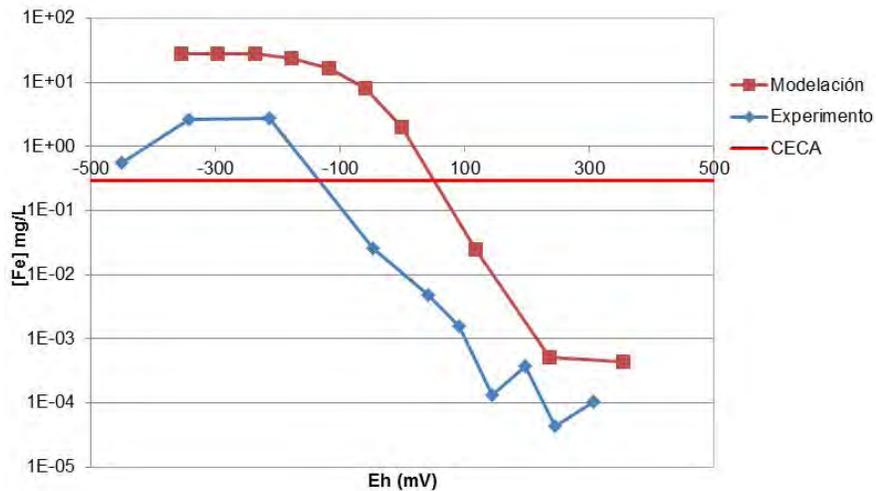
Se formularon recomendaciones para el control de contaminantes cuyas concentraciones rebasan los CECA. Éstas incluyen control en las fuentes de contaminación, control del tirante de agua en la presa y remoción por adsorción en ferrihidrita y pirolusita en el proceso de potabilización.



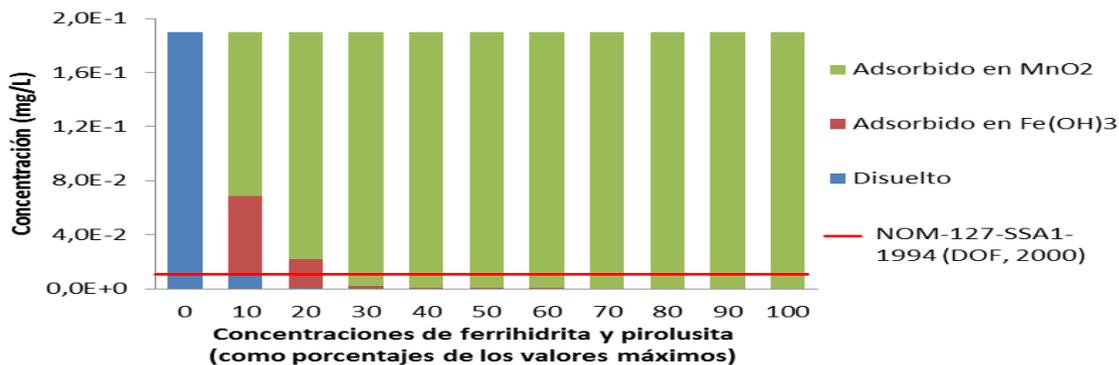
Estaciones de muestreo en el sitio Purgatorio sobre Río Verde, Jalisco.



Metodología para estimar el riesgo de contaminar el agua como fuente de abastecimiento.



Estudio experimental y simulación numérica de la disolución de hierro en el agua de la presa.

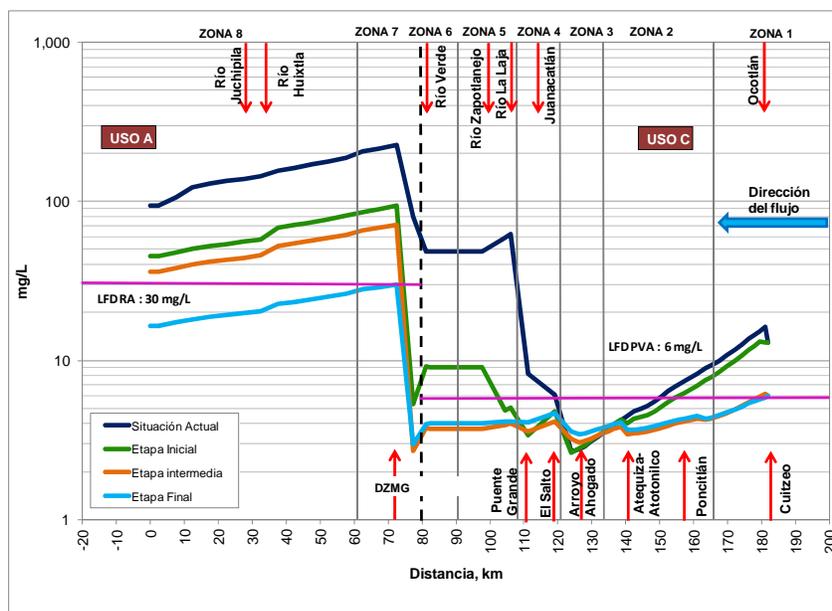


Simulación de la remoción de plomo por adsorción en óxidos de hierro (ferrihidrita) y de manganeso (pirolusita) durante el proceso de potabilización.

- **Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago, (desde su nacimiento en el lago de Chapala hasta la presa Santa Rosa), Tercera Etapa. Comisión Estatal del Agua de Jalisco**

Con el objetivo de realizar la Declaratoria de Clasificación del río Santiago, y una vez analizados los datos de calidad del agua, se simularon los escenarios para los tres plazos definidos y en las ocho zonas en que se dividió el río. Esto permitió establecer la capacidad de asimilación y dilución, los límites máximos de descarga en cada tramo y las metas de calidad que se pretenden alcanzar para los usos de protección de la vida acuática (desde la salida del lago de Chapala hasta el sitio de Arcediano), y de riego agrícola (después de Arcediano hasta la presa Santa Rosa).

Para el caso de los requerimientos de saneamiento, se obtuvieron los costos de inversión, operación y mantenimiento para sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. De esta manera, el monto de inversión para la construcción de las 43 plantas de tratamiento de aguas residuales y 18 influentes a las plantas de tratamiento en operación, que permiten el saneamiento de la cuenca del Río Santiago, asciende a 9,403 millones de pesos, considerando la tercera etapa de planeación para protección de vida acuática. El coeficiente beneficio/costo del proyecto es de 1.15, para un horizonte de planeación de veinte años.



Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno para los diferentes escenarios.

Morelos

- **Interconexión de sistemas de almacenamiento y tecnología para el tratamiento de agua de lluvia para complementar el abastecimiento de agua para uso y consumo humano.**

Antes de iniciar este proyecto en la comunidad de Felipe Neri, el 99.28% de los habitantes carecían de agua entubada en el ámbito de la vivienda. Por esta razón, en 2010, en un esfuerzo conjunto entre la CONAGUA, la CEAMA y el IMTA, con el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA), se iniciaron una serie de acciones específicas encaminadas a rehabilitar, proteger e incrementar la infraestructura para el almacenamiento de agua de lluvia. Como parte de este esfuerzo, se desarrolló un modelo que incluyó área de captación recubierta con geomembrana, sedimentador y olla de almacenamiento. De manera paralela, y con apoyo de otros programas, se construyeron dos ollas de almacenamiento a cielo abierto y se instaló una planta potabilizadora para tratar el agua de un aljibe ya existente.

En 2011, con el fin de potenciar el aprovechamiento de la infraestructura de tratamiento y prevenir la contaminación del agua en las ollas nuevas, se acordó acondicionarlas e interconectarlas hacia la planta potabilizadora para incrementar la dotación de agua por habitante, además de implementar un sistema de purificación de agua para consumo humano en el modelo comunitario de almacenamiento de agua de lluvia. De esta manera, se realizaron las adecuaciones tecnológicas en dos ollas, sustituyendo el recubrimiento en una de ellas con geomembrana de Policloruro de vinilo (PVC), y colocando la cubierta flotante de PVC en ambas, para conservar la

calidad del agua almacenada. Se sobreelevó el aljibe y se instaló un sedimentador para mejorar la calidad del agua del influente a la planta potabilizadora. Se concluyó la interconexión de las cuatro ollas a la planta potabilizadora existente, e implementó un sistema de purificación de agua en el modelo de captación de agua de lluvia con una capacidad de hasta 8 m³/d. Por último, se desarrolló un manual para la operación y mantenimiento del sistema.

Con la ejecución de estas acciones, la población ahora cuenta con una dotación de agua para uso doméstico de 50 L/habitante/día y de, al menos, 3 L/habitante/día de agua para consumo humano (con cumplimiento de norma), con lo cual se impactará directamente en la salud y en el bienestar de 1,338 habitantes.

Esta experiencia y el *know how* desarrollado generan capacidades en el Instituto que después pueden extenderse a otras muchas comunidades.



Interconexión de las hoyas.



Purificadora para el agua de lluvia.



Sedimentador en el aljibe.

- ***Rehabilitación y construcción de infraestructura para el almacenamiento de agua de lluvia y transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades de los Altos de Morelos, a través del Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS)***

A partir del diagnóstico de la situación del agua y saneamiento en comunidades marginadas de los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla, Atlatlahucan y Totolapan, se determinaron acciones específicas para mejorar el abastecimiento del agua y promover el aprovechamiento y tratamiento del agua residual. Entre las comunidades de estudio se encuentran Coajomulco, Fierro del Toro (Huitzilac) y El Vigía (Tlalnepantla), cuya falta de agua es histórica al carecer de fuentes superficiales y/o subterráneas de agua, que ha resultado en la búsqueda de fuentes alternas de abastecimiento como es la captación de agua de lluvia a nivel vivienda y comunitario.

Bajo este marco de referencia, la CONAGUA, la CEAMA y el IMTA con el patrocinio de la FGRA, acordaron realizar una serie de actividades prioritarias, entre las cuales destacan la rehabilitación, recuperación y protección de seis ollas de geomembrana de polietileno de alta densidad (HPDE), cuya capacidad total es de 24,693 m³, así como la transferencia de ochenta paquetes integrales de tecnologías apropiadas para el manejo sustentable del agua en la vivienda. Lo anterior, con el fin de mejorar la calidad de vida y las condiciones de salud a través del incremento de la dotación y la calidad del agua por habitante.

Estas acciones incluyen la rehabilitación de ollas en diversas poblaciones como son El Vigía y Fierro del Toro, en donde se sustituyó el recubrimiento con geomembrana de Policloruro de vinilo (PVC) y se colocó una cubierta flotante de PVC para conservar la calidad del agua almacenada. Se realizó la transferencia de 53 paquetes integrados por ocho tecnologías apropiadas: cisterna de almacenamiento de 50 m³, sistema de captación de agua de lluvia, caja de desinfección solar, lavadero ecológico, sanitario ecológico seco, huerto familiar con tanque de descarga de fondo y bicibomba.

A través de estas acciones, las viviendas seleccionadas contarán con una dotación de agua para uso doméstico de 50 L/hab/día, y con la rehabilitación de la infraestructura comunitaria se recuperan 24,693 m³ en capacidad de almacenamiento, con lo cual se beneficia una población estimada en 3,396 habitantes.



Vivienda con paquete de tecnologías apropiadas.



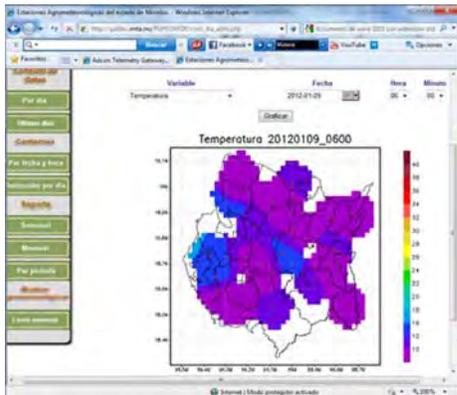
Olla en El Vigía, rehabilitada.

- ***Red de estaciones agroclimatológicas en Morelos***

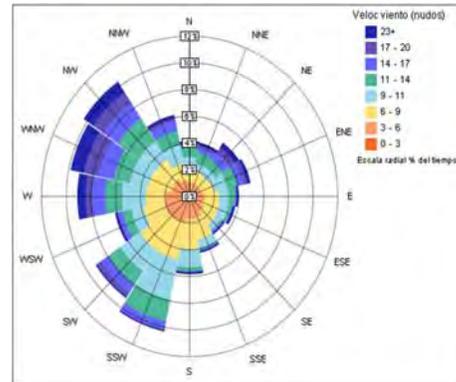
La red de estaciones agroclimatológicas de Morelos opera desde el 2006 y se distribuyen en las principales regiones agropecuarias del estado. En el transcurso de los años siguientes y hasta la fecha, se han optimizado los procesos de recepción, procesamiento y publicación de la información generada por las estaciones.

La información generada por las estaciones se publica a través del portal <http://galileo.imta.mx/FUPROMOR>, el cual se ha mejorado para cumplir con el objetivo principal de ofrecer al productor morelense la información requerida para optimizar sus procesos de cultivo y cosecha de productos agrícolas. Dentro de estas mejoras están las consultas mediante la generación de mapas de las variables medidas, la calibración del modelo de pronóstico de riego para los cultivos de maíz y cebolla, y la generación de mapas de dirección y velocidad del viento.

Para mantener en operación y transmitiendo a tiempo real las 22 estaciones, se realizó el cambio de baterías, mantenimiento al equipo de cómputo y a la estación receptora.



Mapa de temperatura.



Frecuencia y velocidad del viento.



Reinicio de estación receptora.



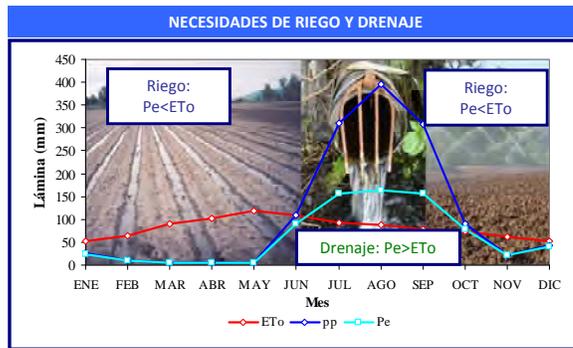
Cambio de batería al transmisor.

Nayarit

- ***Desarrollo y transferencia de tecnología para el uso intensivo del suelo y el incremento de la producción agrícola mediante el control de régimen de humedad del suelo en zonas tropicales***

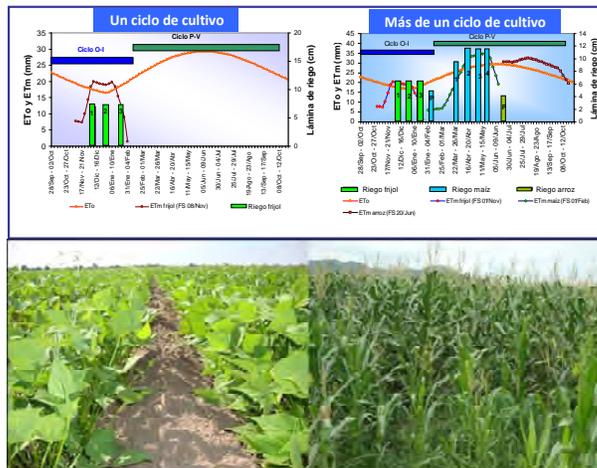
Existen diversas tecnologías para maximizar el uso de los recursos suelo y agua con el fin de incrementar la producción agrícola y mantener el equilibrio ecológico, entre las que destaca el manejo del régimen de humedad del suelo mediante el riego y drenaje en zonas tropicales subhúmedas.

En dichas zonas el establecimiento de módulos experimentales con tecnología de riego y drenaje parcelario subterráneo es indispensable para el desarrollo, adaptación y transferencia de tecnología en el manejo del régimen de humedad de los suelos. Con estos módulos se demuestra el impacto del manejo del régimen de humedad en la producción de los cultivos, y se motiva a los productores para la adopción de la tecnología.



Necesidades de riego y drenaje en zonas tropicales subhúmedas.

Con la implementación de las tecnologías de riego y drenaje parcelario subterráneo en el módulo III Margen Derecha del Río Santiago del Distrito de Riego 043, Estado de Nayarit, se demostró la factibilidad de obtener hasta tres ciclos de cultivo mediante una planeación y ejecución apropiada, a diferencia del único ciclo que se obtiene tradicionalmente en la región. Lo anterior despertó el interés de los productores de las zonas modernizadas para lograr un uso más intensivo de la infraestructura del riego y del suelo, sin embargo, la adopción de la tecnología requiere de un proceso de varios años.



Establecimiento de dos ciclos de cultivo en módulos experimentales.

Para motivar la transferencia y adopción de estas tecnologías se llevaron a cabo cinco talleres en materia de riego y drenaje con la participación de 187 capacitandos y uno sobre el uso de sistemas de información geográfica para la planificación agrícola en el que se capacitaron 31 técnicos para inducir a los usuarios de riego al manejo y adopción de las tecnologías generadas, mediante las cuales se busca garantizar la buena operación y conservación de los sistemas de riego y drenaje para su óptimo funcionamiento.



Materiales y talleres de capacitación.

Querétaro

- ***Estudio socioeconómico para la reestructuración tarifaria de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento***

Con la finalidad de establecer un cobro justo por el servicio de agua potable que presta, la Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro (CEA) solicitó al IMTA establecer la situación socioeconómica de varios municipios del estado y evaluar el nivel socioeconómico de la ciudad de Querétaro.

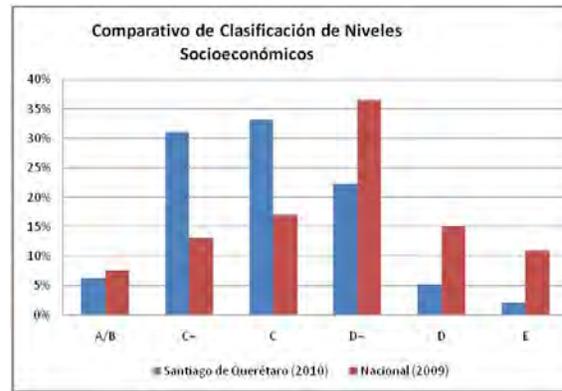
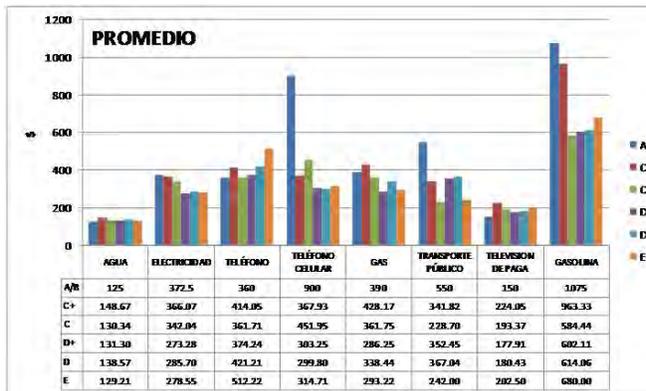
Se realizaron 4,537 encuestas aplicadas en 12 municipios, de las cuales se obtuvo costo y gasto promedio por los servicios de agua, electricidad, teléfono, teléfono celular, gas, transporte público, televisión de paga, gasolina. Se identificó cuál es el servicio por el que más se paga, de cuál de los servicios se recibe el mayor y menor beneficio, la importancia relativa de los cinco servicios analizados identificando el de mayor y menor importancia, y la percepción sobre el incremento en el costo de los servicios identificando el servicio con mayor y menor incremento en los últimos años. Otro aspecto es la comparación del gasto que realiza la población en la compra de agua embotellada y otras bebidas, respecto del pago del servicio de agua potable. Las comparaciones anteriores bajo los niveles socioeconómicos, de acuerdo con la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado y Opinión Pública (AMAI).

En la segunda etapa del estudio se realizaron 6,376 encuestas en las colonias de la ciudad de Querétaro, de las que se obtuvo el nivel socioeconómico (NSE) de las mismas mediante la aplicación de la metodología 13 x 6 (AMAI), la cual considera parámetros específicos para definir el estatus económico de un hogar, considerando tanto las características físicas de la vivienda como las personas que integran el hogar.

La percepción de la población es que el servicio de agua potable es el que más beneficio aporta a los habitantes de Querétaro, el cual no ha tenido incrementos en los últimos años.

Con el NSE de los habitantes de las colonias de la ciudad de Querétaro, se podrá asignar una tarifa por cobro de agua en el estado, con base en un análisis técnico y comprobable por parte de los usuarios.

El impacto del proyecto radica en la aplicación de metodologías técnicas para soportar y respaldar el estudio tarifario que marcará un posterior pago justo por el mismo. Esta metodología podrá después extenderse a otras localidades en el país.



Tres resultados de la aplicación de la clasificación de la AMAI y comparación de servicio.

Comparativo de clasificación entre la encuesta de la zona conurbada de la ciudad de Querétaro y la encuesta a nivel nacional.

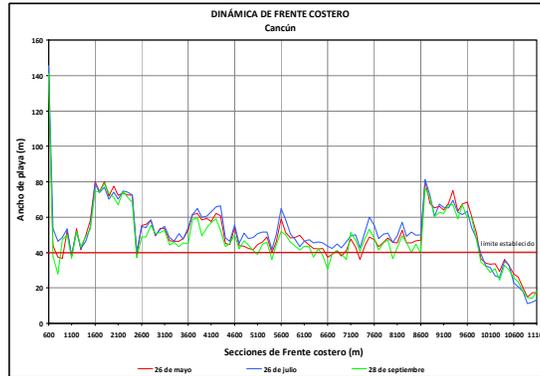
Quintana Roo

- **Fideicomiso para la recuperación, sostenimiento y mantenimiento de la zona federal marítimo terrestre de Quintana Roo**

En seguimiento al proyecto *Actividades de seguimiento ambiental derivado de la realización del proyecto de restauración de playas de Cancún y Playa del Carmen, Quintana Roo*, en donde el IMTA fue designado como Acreditado Ambiental por la SEMARNAT para la supervisión de la recuperación de las playas, se analizó el programa de monitoreo ambiental que lleva acabo la Comisión Federal de Electricidad para los resultados de los anchos de playa seca, de la recuperación de los bancos de materiales, condiciones de salud de los arrecifes coralinos y de las medidas oceanográficas del frente costero.

Al respecto, los anchos de playa seca, tanto en Cancún como Playa del Carmen, se mantienen por arriba de los límites: 40 m para Cancún y 30 m Playa del Carmen,

debido a que el movimiento de la arena sigue estabilizándose y no es necesario realizar acciones de mantenimiento. En cuanto a los bancos de arena, hasta el momento no muestran grandes cambios en la composición y abundancia de las especies y, además, se observa un evidente reacomodo de la arena hacia las partes dragadas. Sin embargo, es importante continuar con los monitoreos para determinar si no existen efectos sinérgicos adversos a largo plazo, hasta el momento, no detectables.



Ancho de playa medido en Cancún en 2011.



Mediciones en bancos de arena y reacomodo en la zona de dragado.

Durante el periodo de estudio, los corales blandos manifestaron buenas condiciones de salud; las afectaciones obedecen principalmente al sobrecrecimiento de algas y pérdida de cenenquima, lo cual parece tener relación con el mayor contenido de sedimento en suspensión y el fuerte efecto de la corriente en la llanura de gorgonáceos; o bien, al sobrecrecimiento de *Millepora* y la depredación por moluscos.

ARRECIFE CHITALES



PUNTA NIZUC



Ubicación de los arrecifes coralinos.



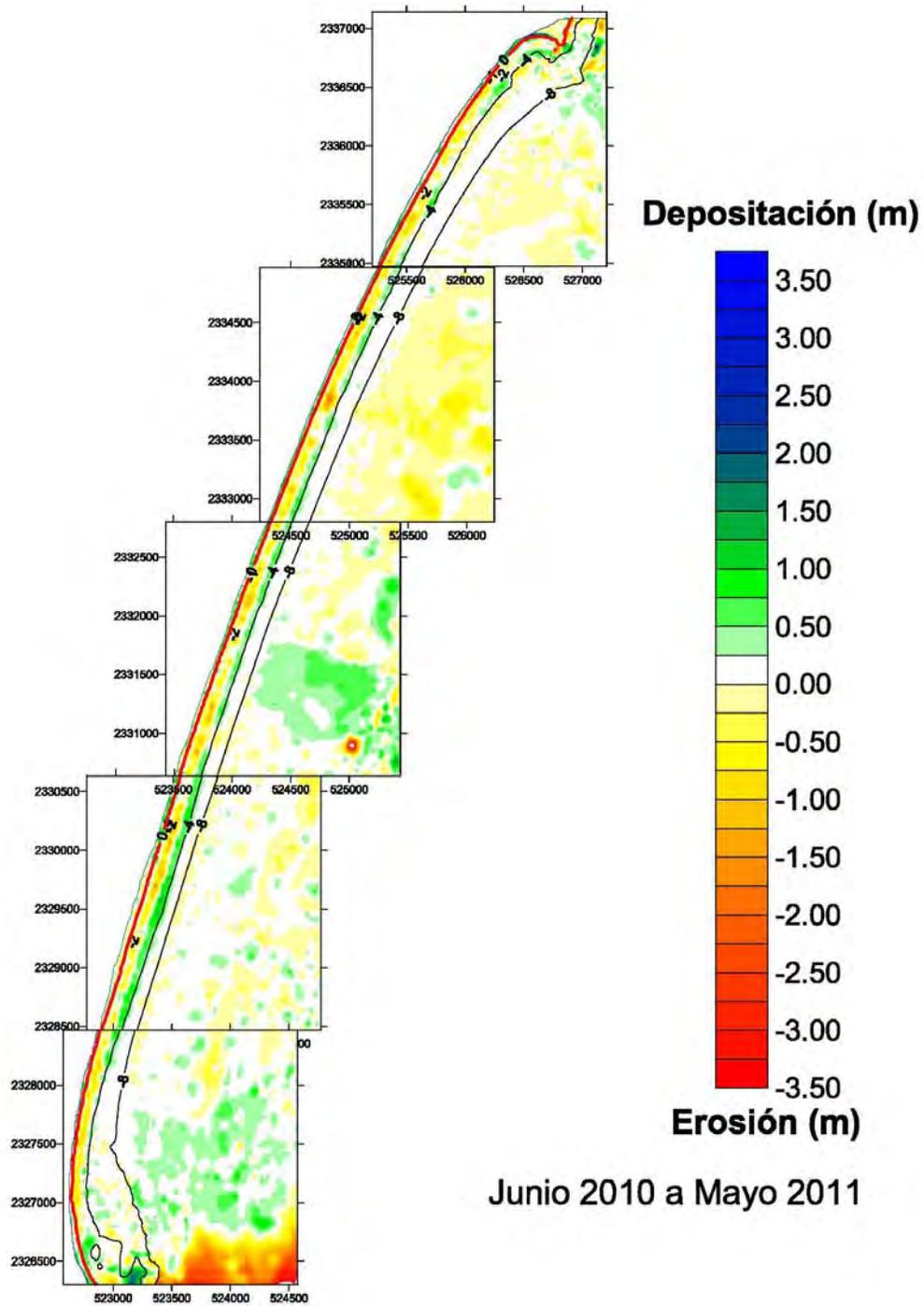
Transecto en banda en la zona de Acroporas, en el arrecife chitales.



Técnica de recolección de la muestra de sedimentos para la obtención de tasa de sedimentación en la zona de arrecifes.

Hasta el momento, estos arrecifes no mostraron evidencias de un deterioro masivo por las acciones llevadas a cabo para la recuperación de playas de Punta Cancún y Punta Nizuc. Sin embargo, es importante continuar con el monitoreo debido a que las condiciones parecen reflejar un patrón de pobre o lenta capacidad de recuperación ante los disturbios.

En cuanto al análisis preliminar de las mediciones oceanográficas realizadas por CFE, la información recabada en Cancún y Playa Carmen conforma una extensa base de datos que permitirá cuantificar el transporte de sedimentos en cada uno de los sitios. El análisis que se hace es preliminar, pero indica aspectos interesantes de la dinámica de Cancún y Playa del Carmen. En principio, ya es posible cuantificar el azolve o erosión en las áreas de medición; asimismo, también es posible establecer la evolución del movimiento de los sedimentos y su relación con las condiciones ambientales. En ambos casos, es primordial establecer para cada uno de los sitios el número de celdas litorales y establecer un modelo conceptual de la dinámica y balance de sedimentos. Es fundamental sintetizar la información recabada mediante modelaciones numéricas y, con base en ello, establecer posibles medidas de mitigación en el área de vertido.



Mapa de depositación/erosión de sedimentos, con base a la batimetría de junio de 2010 y mayo de 2011.

- ***Evaluación de la dinámica superficial de la playa seca en las zonas rehabilitadas de Cancún, y Playa del Carmen***

El presente trabajo se realizó para apoyar al gobierno de Quintana Roo en la orientación de la toma de decisiones para mantener el atractivo de las zonas turísticas de playa de Cancún y Playa del Carmen. El objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios del ancho de playa en las zonas mencionadas aplicando técnicas de Geomática. La primera consistió en el desarrollo de cuatro levantamientos en campo del frente costero utilizando equipos de GPS. Se usaron receptores con los que se alcanzó una precisión de 10 cm; mediante la corrección diferencial en gabinete de los datos crudos. Y la segunda consistió en la delimitación del frente costero a partir del procesamiento de 50 imágenes de satélite Spot tomadas en diferentes intervalos durante los años 2010 y 2011.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los levantamientos con GPS, llevados a cabo por IMTA, la tendencia muestra un decrecimiento del ancho de playa para las secciones que son mayores de 50 m de ancho, tanto para Cancún como para Playa del Carmen.

Con relación a los resultados obtenidos con las imágenes de satélite, la tendencia de reducción se mantiene para los anchos de playa mayores de 50 m; sin embargo, para las secciones menores de 50 m, en la mayoría de los casos se presenta un ligero aumento..



Imágenes de Punta Cancún, que presentan las condiciones de playa en enero de 2009 (izquierda) y marzo de 2011 (derecha).

San Luis Potosí

- ***Evaluación para remover contaminantes de un sistema de riego por gravedad y estudio de aguas freáticas***

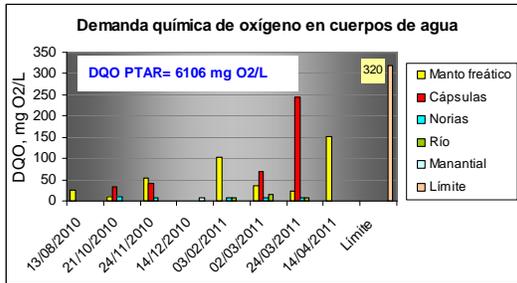
El Fideicomiso Ingenio Plan de San Luis (FIPSL) cuenta con una superficie de 18,000 ha de caña, principalmente de temporal. Desde hace cinco años el FIPSL utiliza 842,000 m³ de agua residual generada anualmente durante la molienda, para el riego de 88 ha, sin embargo, ésta no cumple con los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y de la Ley Federal de Derechos en cuanto a la demanda química de oxígeno (DQO) y de sólidos suspendidos totales (SST), por lo que el ingenio debe pagar las multas correspondientes.

Por ello, el FIPSL solicitó al IMTA la realización de un proyecto para aprovechar eficientemente el agua residual en el riego de caña de azúcar y conocer la calidad de las aguas freáticas, y el diseño y evaluación de un sistema de riego por gravedad.

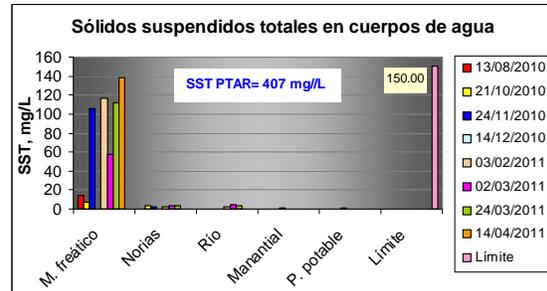
El proyecto consistió en investigar una superficie de 184 ha, de las cuales se seleccionaron cincuenta factibles de regarse eficientemente con el volumen disponible, y con ello se estableció un humedal artificial de flujo intermitente. Esto se logró con la realización de estudios topográficos, agrológicos, de caracterización hidrodinámica de suelos; el monitoreo temporal y espacial de la profundidad del nivel freático en ocho pozos; el muestreo temporal de agua en los pozos de observación, agua residual y del río El Salto, para su análisis físico, químico y bacteriológico, y el proyecto ejecutivo de un sistema de riego para utilizar eficientemente el agua residual.

Se encontró que el humedal artificial de flujo intermitente tiene una capacidad de remoción de la DQO del 98%, de DBO₅ del 99%, de SST del 86%, optimización del nivel de pH del 95% y una reducción de coliformes fecales de 99%. Asimismo, los análisis físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual y de los cuerpos de agua aledaños al ingenio indican que el riego con agua residual de caña de azúcar no afecta los suelos irrigados con esta agua, ni a los cuerpos de agua aledaños al ingenio. Por ello, se concluye que el humedal artificial disminuye los valores de los parámetros hasta niveles dentro de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y de la Ley Federal de Derechos.

Por lo anterior, se concluyó que la calidad del agua residual que produce anualmente el FIPSL se puede utilizar para el riego de la caña de azúcar, con la condición de que su uso y manejo se apeguen a las recomendaciones y especificaciones del proyecto ejecutivo del sistema de riego por gravedad elaborado en el presente proyecto.



Variación temporal de la demanda química de oxígeno en cuerpos de agua.



Variación temporal de sólidos suspendidos totales en cuerpos de agua.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES

Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA)

Península de Yucatán

- **Plan Rector para la Protección, Conservación y Recuperación Ambiental de la Península de Yucatán**

Este proyecto surge por iniciativa de la FGRA e incluye la participación de los tres niveles de gobierno y la sociedad civil organizada, destacando por parte del Gobierno Federal la actuación de la SEMARNAT, a través del IMTA y la CONAGUA, así como la de los usuarios mediante el Consejo de Cuenca Península de Yucatán. Como producto de este esfuerzo, se desarrolló un plan rector, el cual parte de un detallado diagnóstico, la caracterización y el consenso sobre los problemas y acciones estratégicas a emprender para la recuperación ambiental de la península de Yucatán, todo esto teniendo como elemento central el recurso agua y considerando como punto medular e indispensable la participación y suma de recursos y voluntades de los tres niveles de gobierno y la población civil organizada. Este ejercicio incluye la compilación, revisión y análisis de los documentos y estudios formales afines a la problemática ambiental de la península, lo que se enriquece y complementa con material derivado de fuentes públicas e información generada mediante consultas y reuniones con expertos en la temática. De esta forma, el plan incluye y toma en cuenta los esfuerzos ya existentes, así como las iniciativas y experiencias exitosas tanto locales como regionales.

A partir del diagnóstico ambiental, se identificaron los problemas principales a atender, así como las causas que los generan. Se desarrolló una matriz de problemas a atender con prioridad, que determina las estrategias y acciones ligadas a una serie de objetivos y metas generales para lograr su atenuación y, en la medida de lo posible, darles solución.

La elaboración del plan, con un primer periodo de actuación 2011-2020, implicó reuniones en los 127 municipios que conforman la península. Durante dichas reuniones, se realizó el levantamiento de 2,119 fichas de proyectos. En el proceso participaron más de 1,000 personas: 220 en Campeche, 97 en Quintana Roo y 603 en Yucatán. Los proyectos se consensuaron y validaron por un grupo de ochenta expertos durante un taller realizado en Telchac Puerto, Yucatán. Adicionalmente, se realizó un taller para la selección de Indicadores en Cancún, con la participación de cuarenta expertos, resultando 15 indicadores, en promedio dos por problema prioritario. Del análisis económico se deriva la necesidad de llevar a cabo una inversión \$34,992.7 millones de pesos.

El Plan Rector se presenta en un documento que consta de: cuatro tomos técnicos y tres anexos, con la descripción de los proyectos específicos a través de fichas. En su cuerpo se identifican, describen y analizan nueve problemas prioritarios y sus soluciones: reducción de la cantidad y calidad del agua; deterioro de recursos naturales; crecimiento urbano desordenado; rezagos sociales y económicos; pobreza extrema e insalubridad; legislación insuficiente, reducida conciencia y participación social y baja cultura ambiental; fenómenos extremos; cambio climático e insuficiencias en el monitoreo e información socioambiental.



Levantamiento de fichas.



Tala de árboles para producción de carbón.

Cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán

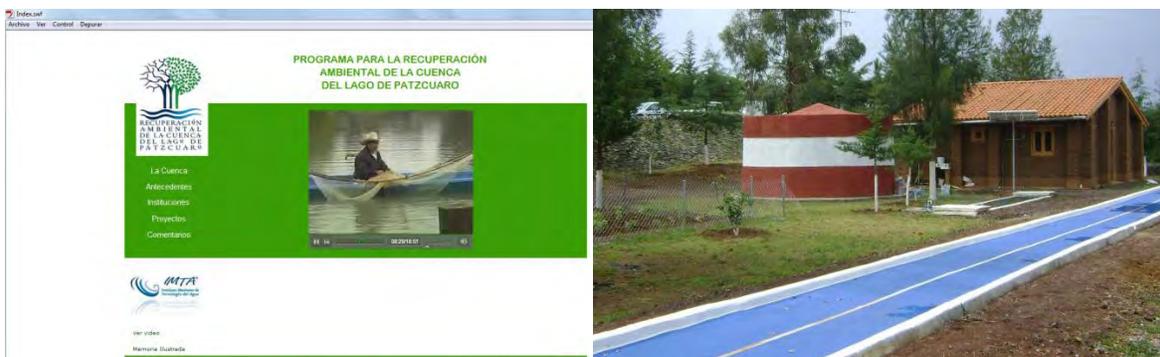
- ***Coordinación técnica del programa, sistematización de la experiencia y difusión***

Durante las tres etapas del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se llevó a cabo la supervisión técnica y financiera de los 53 proyectos emanados del plan estratégico que ha ejecutado directamente el IMTA bajo el patrocinio de la FGRA. Para el adecuado registro de la información que se generó como resultado de las actividades implementadas en la cuenca, se crearon

herramientas que permitieran evaluar y dar seguimiento de manera práctica y confiable del impacto de las diversas acciones instrumentadas para su posterior análisis y difusión. Con esta finalidad, se creó la batería de Indicadores de Sustentabilidad Ambiental. Estos indicadores se incorporaron en un módulo de reportes para realizar consultas de la información en forma tabular y gráfica, además de visualizar el estado positivo o negativo de los datos en un semáforo ambiental. Asimismo, se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG) con información espacial y cartográfica generada de los proyectos que conforman el programa, con la finalidad de facilitar el acceso, análisis, gestión y la representación de la misma de forma inmediata.

Como resultado de la supervisión, evaluación y sistematización de la información, además de la adecuada difusión de actividades y resultados de los proyectos, se ha propiciado el interés por sistematizar y replicar la experiencia de este programa en otras cuencas: Apatlaco, Amanalco-Valle de Bravo, Altos de Morelos y Río Lagos.

Durante 2008-2011 se dio seguimiento al análisis, actualización y transferencia de la batería de indicadores de sustentabilidad ambiental. Actualmente, se tienen los datos a 2011, resaltando el Índice de Calidad del Agua con un valor superior a sesenta unidades. Se hizo el mantenimiento de la infraestructura operativa del programa; se llevó la vinculación con programas y acciones interinstitucionales locales y regionales, además de la difusión de los resultados del programa a través de acciones de comunicación y en foros nacionales e internacionales; se hizo la actualización del SIG, incluyendo los proyectos del programa con información georreferenciada e información de resultados desde 2003 a 2011; se dio continuidad a la sistematización de la experiencia (desarrollo e implementación de planes estratégicos), proponiendo la actualización para la cuenca del río Apatlaco, en Morelos, y en Valle de Bravo, Estado de México, y la creación del nuevo Plan Rector en la Península de Yucatán para los tres estados. Por otro lado, se llevó a cabo la instalación de espacios de educación ambiental en tres municipios de la cuenca: Pátzcuaro, Quiroga y Erongarícuaro; para Tzintzuntzan, la instalación del espacio educativo será programada en 2012.



- ***Transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades rurales en la cuenca del lago de Pátzcuaro***

La cuenca del lago de Pátzcuaro, junto con el problema de contaminación, también sufre por el nulo o escaso abastecimiento de agua y el consecuente saneamiento, principalmente en comunidades rurales de la ribera. Para atender este problema, en el marco de colaboración IMTA-FGRA, se diseñó un paquete tecnológico que consta de: cisterna, sistema de captación de agua de lluvia y caja de desinfección solar para captar, almacenar y desinfectar agua para consumo humano; un sanitario y lavadero ecológico, que tienen un sistema para el tratamiento de agua negra y gris, respectivamente; un huerto familiar, un tanque de descarga de agua y una bicibomba para el aprovechamiento de agua gris tratada en la producción de alimentos de traspatio.

Mediante la aplicación de este paquete, durante 2008-2011 se instalaron 2,632 tecnologías apropiadas en cinco comunidades rurales: Caríngaro, Quiroga; Los Corrales, Tzintzuntzan; Yotatiro y La Zarzamora, Erongarícuaro, y Santa María Huiramangaro, Pátzcuaro, todas pertenecientes a la cuenca del lago de Pátzcuaro. Se consolidaron tres comunidades eficientes en agua: Yotatiro y La Zarzamora, y Santa María Huiramangaro, en su primera etapa.

Con el fin de conocer el impacto y beneficio social derivado de la transferencia de esta tecnología, se realizó una medición de apropiación identificándose que hay una adecuada aceptación y un adecuado aprovechamiento, uso y mantenimiento del paquete tecnológico en el 77.5% de la población beneficiada; que el 98.7% de los beneficiados han adoptado sin mayores complicaciones el cambio de hábitos y estilo de vida que esta tecnología les requiere y les brinda, y que 74.7% percibe claras mejoras en su entorno ambiental y en su bienestar socioeconómico. De esta manera, se concluye que la atención de los servicios básicos en agua y saneamiento con paquetes tecnológicos a nivel unifamiliar mejora la calidad de vida de la familia, propicia un acceso más seguro al recurso agua y contribuye a la sustentabilidad ambiental.



Beneficiarios instalando tecnología apropiada: bicibomba. Yotatiro, Erongarícuaro.

- ***Evaluación integral (eficiencia, capacitación, seguimiento y apropiamiento) de humedales***

Debido al bajo porcentaje de cobertura de alcantarillado y a la falta de infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales, las descargas generadas por varias de las poblaciones que se localizan alrededor de la cuenca del lago de Pátzcuaro son vertidas sin tratar o con un tratamiento deficiente, situación que ha venido deteriorando la calidad del agua de la cuenca. Con la finalidad de contribuir a disminuir el impacto generado por esta problemática, la instalación de colectores y sistemas de tratamiento de aguas residuales para conducir y tratar las aguas residuales, respectivamente, ha sido uno de los ejes de actuación del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, así como una prioridad en el marco de la cooperación IMTA-FGRA. Hasta la fecha, se han instalado cuatro humedales artificiales en cuatro diferentes localidades de la cuenca: Cucuchucho, Santa Fe de La Laguna, Erongarícuaro y San Jerónimo Purenchécuaro. Durante 2011, se inició la instalación de un humedal artificial en la comunidad de San Francisco Uricho, Erongarícuaro, y un segundo humedal artificial en la localidad de San Jerónimo Purenchécuaro, Quiroga. Bajo este marco de referencia, mediante el proyecto se ha dado seguimiento y se evaluó el funcionamiento, la eficiencia y el nivel de apropiación de los humedales artificiales instalados en la cuenca, además de que se brindó respaldo y apoyo técnico para garantizar su adecuada operación y mantenimiento.

Durante 2011, se realizaron visitas de seguimiento durante la instalación de los humedales artificiales de las localidades de San Francisco Uricho y San Jerónimo Purenchécuaro, para contrastar el avance físico que se tenía contra lo programado en los términos de referencia licitados por la Comisión Estatal y Gestión de Cuencas del estado de Michoacán. Esto para dar para dar cumplimiento al "Acuerdo de adhesión y fortalecimiento del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro 2008-2012". Asimismo, se realizaron aforos y muestreos de las descargas de aguas residuales tratadas de los humedales de Cucuchucho, Santa Fe de la Laguna, Erongarícuaro y San Jerónimo Purenchécuaro. Finalmente, se realizaron diferentes mediciones de tiempos de residencia hidráulica en el humedal de San Jerónimo Purenchécuaro, y se efectuaron el aforo y muestreo de los influentes y efluentes de los humedales artificiales de las localidades de Cucuchucho, Santa Fe de la Laguna, Erongarícuaro y San Jerónimo Purenchécuaro.

En conclusión, se puede asegurar que los humedales han resultado ser una solución apropiada para el tratamiento de las aguas residuales en las poblaciones donde han sido instalados.



Muestreo de efluentes.



Medición de tiempos de residencia hidráulica.

- ***Modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en Arócutin, San Francisco Urícho y Napízaro, Erongarícuaro***

Es un proyecto multianual (2008-2011) desarrollado bajo el patrocinio de la FGRA en las comunidades de Napízaro, Arócutin y San Francisco Urícho, Erongarícuaro, con el objetivo de implementar y fomentar modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano. Las acciones realizadas se orientaron a la gestión comunitaria e implementación de sistemas comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano.

Las acciones realizadas permiten la captación y el almacenamiento de 1,800 m³ de agua de lluvia, esto distribuido en ocho cisternas de 100 m³ y una de 1,000 m³, beneficiando a 2,000 habitantes. Los impactos generados por el proyecto han permitido sensibilizar a la población sobre la importancia que tiene aprovechar el agua de lluvia, resaltando el amplio potencial de aplicación en el abastecimiento de agua para consumo humano y la garantía de su disponibilidad durante todo el año.



Implementación y funcionamiento del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia en la comunidad de Napízaro.



Implementación del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia en la comunidad de San Francisco Uricho.

- ***Proyecto modelo para el manejo integral del agua en San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro***

Es un proyecto multianual (2008-2011) desarrollado bajo el patrocinio de la FGRA en las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro, Quiroga, con el objetivo de establecer un modelo integral para el manejo del agua. Las acciones realizadas se orientaron a la gestión comunitaria e implementación de Infraestructura de almacenamiento de agua de lluvia, servicios sanitarios, mantenimiento y conservación de manantiales, esquemas de bombeo fotovoltaico, tratamiento de agua con métodos de desinfección solar y esquemas de bombeo con bicibombas.

Las obras realizadas permitieron incrementar la capacidad de almacenamiento en 625 m³ en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro, y en 210 m³ en la comunidad de San Andrés Tzirondaro. En materia sanitaria, se implementaron servicios sanitarios a nivel vivienda mediante 29 baños ecológicos secos en San Jerónimo Purenchécuaro y 23 en San Andrés Tzirondaro. Como complemento, se

recorrieron manantiales de cada comunidad y, en coordinación con autoridades, se realizaron acciones de limpieza y protección con mampostería y malla ciclónica.



Protección del manantial, San Andrés Tzirondaro.



Implementación de servicios sanitarios (baños ecológicos secos).



Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia de la clínica del IMSS, San Jerónimo Purenchecuaró.

Fondo para la Paz, I.A.P./Fundación Gonzalo Río Arronte

- ***Transferencia de tecnologías apropiadas en materia de agua en comunidades rurales con rezago social, San Luis Potosí***

Con el objetivo de mejorar el nivel de vida de poblaciones con alto nivel de marginación social en la Huasteca potosina, desde 2008 el IMTA ha llevado a cabo actividades encaminadas a realizar la transferencia de tecnologías apropiadas teniendo como sustento sendos Convenios de Colaboración con Fondo para la Paz, I. A. P.

Una de las principales estrategias de trabajo ha sido involucrar directamente a la población objetivo que, siendo la protagonista de la transferencia, en ella se fomenta la participación social y se enriquece la acción comunitaria para el establecimiento de nuevas pautas en beneficio del medio ambiente, la salud y la economía familiar.

Como parte de estas actividades, se instalaron 258 cisternas de diferentes dimensiones (11, 20 y 50 m³), e igual número de sistemas de captación de agua de lluvia en el periodo de 2008 a 2011 (81 cisternas en 2011), lo que da un total de capacidad de almacenamiento de 3,705 m³ (891 m³ en 2011), y un total de 1,994 beneficiarios directos (803 beneficiarios en 2011) en seis comunidades de los municipios de Tanlajás y San Antonio en San Luis Potosí.



Cisterna de 11,000 litros en La Labor, municipio de Tanlajás, San Luis Potosí

Método formación con valores para la vida, Armando Prida Huerta

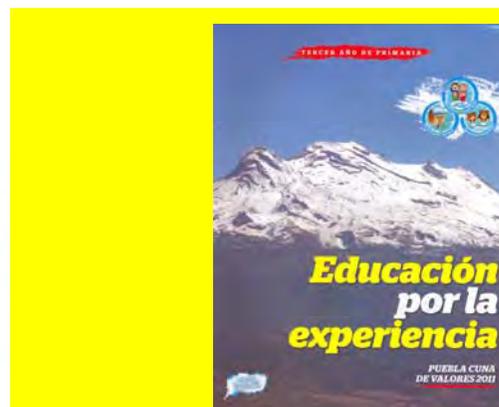
- **Generación de contenidos para los temas que integran el Método**

Con el objetivo de contribuir al fortalecimiento de la educación en México, particularmente la enseñanza de valores, la ética, el respeto, derechos humanos, dignidad, entre otros, es que el autor del *Método formación con valores para la vida* solicitó la colaboración del IMTA para que, a partir de la experiencia generada en temas de cultura del agua y educación ambiental, participara en la generación de contenidos dirigidos a alumnos de los seis grados de primaria y a los padres de familia de esos alumnos, sobre el cuidado del agua y el manejo adecuado de basura.

El método aborda temas diversos, tales como ética y valores en todas las áreas de la vida; la familia; la educación, cultura y legalidad; derechos humanos; violencia; acoso escolar; responsabilidad y cumplimiento; ecología y medio ambiente; sociedad y política; corrupción e impunidad; medios de comunicación y nuevas tecnologías; sexualidad; diversidad; salud, seguridad; productividad; economía; transporte público, entre otros.

La participación del IMTA se concretó al tratamiento de los temas “Agua”, “Basura” y “Consumo” donde, además de destacar problemáticas particulares, deberían enfatizarse uno o más valores y competencias, todas en función de los destinatarios. Se generaron 24 textos, todos avalados por el grupo experto del Método.

Es así como el IMTA se suma al esfuerzo que se concretará en 2012 con la publicación y puesta en marcha del Método en diversos centros escolares del país, iniciando en Puebla.



Minera Carbonífera Río Escondido

- ***Validación del programa de actividades de MICARE***

La Minera Carbonífera Río Escondido (MICARE) requiere demostrar a la PROFEPA que sus actividades mineras no afectan el medio ambiente. Para ello, realiza un constante monitoreo de las condiciones geohidrológicas del acuífero, con lo cual genera gran cantidad de información. El IMTA valida el programa de actividades de MICARE y el análisis de dicha información.

Por otro lado, MICARE monitorea el comportamiento del nivel freático en la zona de Inclinaos que se hicieron para la explotación de mina VI, que cruzan el acuífero. El monitoreo tiene el objeto de detectar abatimientos de tal magnitud que pudieran afectar otras actividades de la región. Con base en lo anterior, MICARE implementó un sistema de vigilancia.

Al final de cada periodo de validación del programa de MICARE, el IMTA entrega un informe técnico que muestra a la PROFEPA el grado de avance y la validación del programa de actividades que realiza MICARE, tanto en tajo como en mina.

Los informes técnicos incluyen: 1) validación del monitoreo al acuífero Allende-Piedras Negras en la zona de mina VI y el grado de afectación de la impermeabilización de los Inclinaos en el mismo acuífero, y 2) grado de avance y validación del programa de actividades recomendadas por el IMTA para el monitoreo del acuífero, con el fin de mitigar los posibles impactos al acuífero como consecuencia de la extracción del carbón a través del Tajo III.



Extracción de carbón en tajo.



Extracción de carbón en mina.

Bacardí y Compañía, S. A. de C. V.

- ***Caracterización de la posible contaminación de las aguas subterráneas por el riego con mezcla de vinaza y aguas subterráneas en la zona de La Galarza, Izúcar de Matamoros, Puebla***

En los años cincuenta Bacardí y Compañía ubicó una destilería en La Galarza, Izúcar de Matamoros, región productora de caña de azúcar. La vinaza, subproducto final de la destilería, se mezcla con agua subterránea utilizada por los agricultores para fertilizar los suelos e incrementar la productividad de la caña de azúcar. En los últimos años se ha observado la presencia de manganeso (Mn) y cambios en la calidad del agua de pozos de abastecimiento público de la zona.

El IMTA caracterizó el ambiente geohidrológico y evaluó la posible contaminación de los recursos de agua subterránea debido al riego con mezcla de vinaza y agua subterránea, y propuso acciones de control y remediación para la protección de la calidad del acuífero.

La geología y petrografía de la zona evidencian la existencia de fuentes naturales de Mn en el subsuelo. Los resultados de campo y laboratorio indican que el uso de vinaza en la agricultura incide en la calidad del agua subterránea cuando ocurre la aplicación de láminas de riego excesivas. La presencia de Mn en pozos en concentraciones por arriba de la NOM-127-SSA1-1994, se debe a procesos de biodegradación de la materia orgánica de la vinaza que favorecen la solubilidad de óxidos de manganeso.

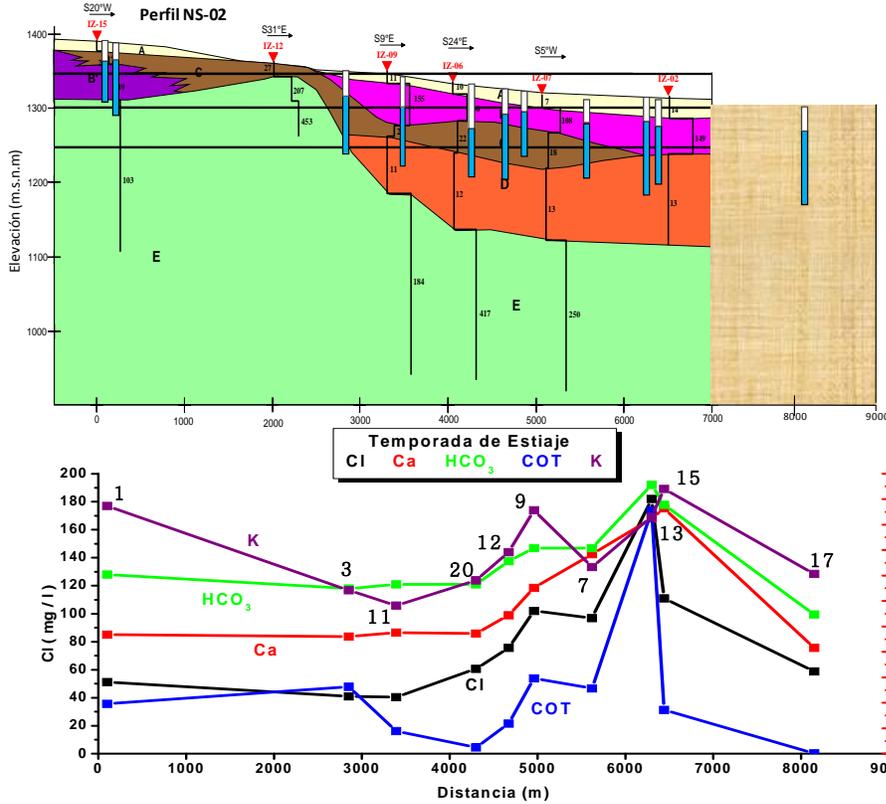
Así, se definieron los procesos fisicoquímicos que producen la solubilidad del Mn y la presencia de elementos que degradan la calidad en el agua subterránea. Se encontró la existencia de un flujo subterráneo profundo de buena calidad que puede utilizarse para mejorar las extracciones de los pozos de abastecimiento público que presentan deterioro de su calidad. Además, se establecieron acciones que permitirán controlar y remediar la contaminación del agua subterránea.



Riego combinado de vinaza con agua subterránea para fertilizar los suelo y aumentar la productividad de la caña de azúcar.



Distribución del oxígeno disuelto en el agua subterránea que indica reacciones de óxido reducción que producen la solubilidad de Mn en el acuífero.



Exploración geofísica de la zona mediante sondeos eléctricos en el dominio del tiempo (TEM) y composición hidroquímica del agua subterránea en la dirección del flujo.

COOPERACIÓN TÉCNICA INTERNACIONAL

Unión Europea

- ***VIVACE (Vital and Viable Services for Natural Resource Management in Latin America)***

En el marco de la cooperación internacional el IMTA, junto con otras organizaciones, gestionó la realización de un proyecto multianual denominado VIVACE, el cual se desarrolla de manera conjunta con instituciones de investigación de países de Europa, Argentina y México. Durante 2011 se desarrollaron actividades que complementan la definición de escenarios para el caso de Xochimilco, elegido como uno de los casos de estudio. Para ello se seleccionaron lugares de análisis específicos, se aplicaron encuestas y entrevistas, comparables para el caso tanto de Xochimilco como de la cuenca de El Tigre, en Argentina. Estas actividades han servido de insumo a los siguientes paquetes de trabajo desarrollados durante el presente año.

Asimismo, se encuentra en proceso el documento de estudio de factibilidad de aplicación de tecnologías en Xochimilco, basado en los datos de entrevistas y encuestas, y este estudio de factibilidad también será comparable al caso argentino. Por otro lado, se realizó un taller de intercambio de experiencias en coordinación con la Asociación de Empresas de Agua y Saneamiento.

El proyecto pretende, como parte de sus entregables, incidir en procesos de política pública para el mejoramiento y el desarrollo sustentable de Xochimilco. Las actividades incluyen una valoración económica de las principales actividades productivas y aspectos relacionados con el agua y el saneamiento, actividad que se encuentra en proceso.



Viviendas en el barrio La Conchita, Xochimilco.



La chinampa, medio de subsistencia de algunas familias en Xochimilco.



Pobladores encuestados en el barrio La Conchita, Xochimilco.

- ***Red Latinoamericana de Centros de Conocimiento en el Sector Agua (RALCEA)***

El IMTA fue designado por el gobierno mexicano punto focal de la RALCEA, proyecto regional financiado por la Comisión Europea implementado en América Latina por la Dirección General Centro Común de Investigación. Su objetivo es colaborar en la promoción del desarrollo de políticas públicas basadas en conocimiento científico-técnico, fomentando el desarrollo de capacidades en el sector del agua a través del establecimiento de una red de centros de excelencia.

Como punto focal en México de RALCEA, el IMTA cumplió con una serie de funciones sustantivas: la definición de la red de centros de excelencia en el país, participando en el proceso de selección de dichos centros y el establecimiento de los respectivos planes de actividades; la implementación de la estrategia de desarrollo de capacidades en la región, para lo cual se impulsó la realización de talleres y seminarios en los temas identificados, y el establecimiento de esquemas de asociación e intercambio, con el fin de mejorar la coordinación del trabajo de investigación de los centros asociados, y de reforzar el entendimiento mutuo entre las áreas científicas y técnicas y la toma de decisiones para el desarrollo de políticas públicas.

UNESCO

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

La Cátedra UNESCO-IMTA ha desarrollado diversas actividades enfocadas en generar mecanismos eficientes de creación y transferencia de conocimiento en el sector agua. Como parte de este objetivo se llevó a cabo el cuarto Seminario Anual 2011 con el tema “Agua y sociedad del conocimiento: Enfoques sobre gobernanza y políticas públicas del agua”. El evento se realizó en el

**SEMINARIO
2011**

Colegio de México, contó con la participación de 120 personas y fue transmitido por Internet en vivo. Las ponencias en video y las presentaciones se encuentran en la página del seminario (www.atl.org.mx/seminario).

Este año se efectuaron, en el marco de la Cátedra, las Jornadas de Reflexión desde la Ciencia y la Tecnología del Instituto.



Como parte de las actividades de difusión del conocimiento, se le dio mantenimiento al sitio *Atl: El portal del agua desde México*, que de enero a diciembre registró 284,792 visitas provenientes de 109 países. Además, la galería de audiovisuales ya cuenta con 277 videos y se registró un total de 277,129 reproducciones. Además, se ha compartido información a través de redes sociales.

En la labor editorial, se publicó la versión digital del libro *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*, editado por el IMTA y que desde febrero de 2011 ha conseguido 1,750 descargas en el Portal *Atl*. Asimismo, se continúa con la difusión del libro *Cambio climático y desarrollo sustentable para América Latina y el Caribe. Conocer para comunicar*, coeditado con el British Council y la Facultad Latinoamericana de las Ciencias Sociales, que a diciembre de 2011 ha tenido 1,172 descargas.



- **Programa Hidrológico Internacional (PHI)**

El Comité Nacional Mexicano del Programa Hidrológico Internacional (CONAMEXPHI) es un programa intergubernamental a largo plazo concebido en fases sucesivas. Se centra en los aspectos científicos y educativos de la hidrología y de la gestión de los recursos hídricos y se basa en un enfoque interdisciplinario e intersectorial del mismo. El IMTA es sede del Comité Nacional Mexicano del PHI que tiene como función el apoyo de las ciencias hidrológicas para su avance y transformación.

En 2011 el programa La Hidrología al Servicio del Medio Ambiente, la Vida y las Políticas (HELP) sometió la incorporación de 12 nuevas cuencas mexicanas a la base de datos de cuencas-HELP: Río Colorado, Río Concepción, Río Sonora, San Pedro, Río Mátape, Río Turbio, Lago de Cuitzeo, Laguna de Zapotlán, Río Calderón, Ayuquila-Armería, Península de Yucatán y Zapotlán. De igual manera, el programa Iniciativa Internacional sobre Sedimentos (ISI) llevó a cabo presentaciones mensuales con temas de sedimentación y se generó un número especial de sedimentos de la *Revista Aqua Lac*, editada por la UNESCO. El Programa del Conflicto Potencial a un Potencial de Cooperación (PCCP) trabajó en la adecuación del manual de manejo de conflictos con los ejemplos de las cuencas del río Balsas y de México. El grupo de trabajo de ecohidrología colaboró en la elaboración de la Norma Mexicana PROY-NMX-AA-000-SCFI-2011, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. El programa Red Mundial de Información sobre los Recursos Hídricos y el Desarrollo en las Zonas Áridas (GWADI) trabajó en la elaboración del libro: *Sequía y cambio climático*, con el proceso para detectar y evaluar periodos anómalos de disponibilidad de agua mediante el *Serial Peripheral Interface* (SPI). El Programa Internacional Conjunto sobre los Isótopos en la Hidrología (JIIHP), logró la aceptación de un proyecto con la Agencia Internacional de Energía Atómica en el tema de uso de los isótopos en la geohidrología, a realizarse en 2012 y 2013.

En el marco del Programa Hidrológico Internacional, se trabajó en la conformación del contenido de la VIII Fase y se participó en la 46ª Reunión de la Mesa del Consejo Intergubernamental del PHI en calidad de Vicepresidente del Grupo 3, representando a la América Latina y el Caribe para el periodo (2010-2013). Se llevó a cabo la IX Reunión de Comités Nacionales y puntos focales del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, en Juan Dolio, República Dominicana, en la cual el CONAMEXPHI tuvo una exitosa aportación, siendo catalogado como uno de los comités más activos y exitosos dentro de la región de América Latina.

De igual manera cabe destacar que este año el Conamexphi apoyó de manera económica los programas GWADI, ISI y PCCP.

OCDE

El IMTA participa en la tercera evaluación de desempeño ambiental que la Organización aplica a sus miembros, a petición de parte. El IMTA se inserta en las tareas de investigación, desarrollo, adaptación y transferencia de tecnología, y formación y capacitación técnica especializada de recursos humanos.

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

En el marco del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el *Global Environmental Fund* y la Organización de Estados Americanos, el IMTA y el INE, bajo la coordinación de la SEMARNAT, iniciaron la etapa de arranque del proyecto *Regional Framework for Sustainable Use of the Río Bravo*, con el apoyo de la Texas State University y la Environmental Protection Agency.

Por otra parte, junto con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el Instituto tutela el proyecto *Control biológico del carrizo gigante (Arundo donax)*, en la zona fronteriza México-Estados Unidos.

De conformidad con las estipulaciones del *Tratado sobre distribución de Aguas Internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América*, firmado en 1944, se participó en la Cumbre Binacional de Saneamiento Fronterizo y Calidad del Agua, como Copresidente Mexicano, convocada por la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estado Unidos (CILA). Entre otros, uno de los objetivos de la reunión fue conocer y evaluar las condiciones actuales de saneamiento a lo largo de la franja fronteriza México-Estados Unidos.

JAPÓN

En el marco del Programa Conjunto México-Japón, bajo el esquema de Capacitación a Terceros Países, el IMTA, en coordinación con Japan International Cooperation Agency (JICA) y la Secretaría de Relaciones Exteriores, impartió la primera y segunda edición del curso internacional *Sistemas naturales de tratamiento de aguas y lodos residuales, su reúso y aprovechamiento*, a siete países de América Latina. En este contexto, se capacitaron a 14 participantes.

Para el seguimiento de los Planes de Acción elaborados durante las actividades del curso, se llevó a cabo una videoconferencia donde participaron representantes de: Guatemala, República Dominicana, Nicaragua, Honduras y México, quienes presentaron resultados sobre humedales, lagunas y biofiltros.



AUSTRALIA

Con la Universidad de Sidney se concretó el diseño del taller *Métodos de pronóstico estadístico y herramientas de reducción de escala en Hidrología*, celebrado en noviembre en el IMTA, así como la planeación de un segundo taller para 2012.

El cambio climático plantea enormes desafíos para los gestores del agua en todo el mundo. Este taller fue dirigido a profesionales en la gestión del agua y la meteorología interesados en el desarrollo de nuevos conocimientos estadísticos para la predicción y reducción de escala. Las nuevas técnicas permitirán a los administradores responder mejor a la variabilidad del clima.

HAITÍ

A instancias de la Secretaría de Relaciones Exteriores, en el marco del proyecto *Fortalecimiento institucional del Observatorio Nacional de Medio Ambiente y Vulnerabilidad*, entre el IMTA y el ONEV/Ministerio de Medio Ambiente, se impartió un diplomado en Hidrometeorología a seis expertos de ese país en el manejo de observaciones meteorológicas prácticas y generación de capacidad en interpretación de los productos de pronóstico. Asimismo, se impartió el curso *Hidrogeoquímica aplicada* a cincuenta técnicos.

El intercambio de información en materia de meteorología y climatología entre México y Haití permitirá desarrollar mejores servicios especializados, los cuales servirán para que ambos países estén mejor preparados y se disminuyan los riesgos de pérdidas, principalmente humanas, generadas por el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos.



Acto protocolario en la embajada de Haití, donde estuvieron presentes personalidades tanto de la embajada, como del IMTA y del Servicio Meteorológico Nacional.

COLOMBIA

En Medellín, Colombia, se realizó el Séptimo Diálogo Interamericano sobre la Gestión del Agua (D7), bajo los auspicios de la Red Interamericana de Recursos Hídricos. El evento fue parte de un ejercicio de evaluación del proceso de gestión del agua en la región, que pretende contribuir al avance en la consolidación de políticas participativas para la gestión del agua en cada uno de los países de América Latina. Su desarrollo se basó en el intercambio de experiencias, lecciones aprendidas, discusión sobre responsabilidades y compromisos de los actores involucrados en los procesos, siempre en el esquema del desarrollo sustentable.

Una de sus características fue el enfoque intergeneracional, por lo que se incluyó la organización del II Encuentro Jóvenes Unidos por el Agua, y se construyeron posiciones regionales hacia el próximo Foro Mundial del Agua y para la Cumbre Mundial de Río+20, ambos eventos a realizarse en 2012; así como planteamientos sobre alianzas, acciones y seguimiento al desarrollo y fortalecimiento de la gestión del agua, y mecanismos para la colaboración e intercambio de ideas y experiencias que se tienen en el tema.

La participación del IMTA, en lo referente a Educación y Cultura del Agua, se concretó a la participación en la organización y realización de dos de tres talleres del programa Agua y Educación para las Américas y el Caribe, del Proyecto WET y del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO. La organización y convocatoria de los jóvenes participantes corrió a cargo de la Organización de Estados Americanos, con la colaboración de: el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la República Dominicana, el IMTA, el Instituto Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, Los Scouts de Costa Rica, el Comité Regional de Recursos Hidráulicos de Centro América y el Young Americas Business Trust (YABT) de los Estados Unidos.

HOLANDA

Con la Universidad de Twente, Países Bajos, se firmó un convenio de concesión por el cual se licencia al IMTA para utilizar el juego de roles La Globalización del Agua, con el propósito de ilustrar los conceptos de comercio internacional del agua virtual, huella hídrica, dependencia hídrica y uso eficiente del agua, a través de la participación activa e interacción en esta actividad didáctica. El convenio incluyó la adquisición de los materiales electrónicos propios de dicho juego de roles, con el propósito de utilizarlo en contextos de capacitación o educación hídrica.

El objetivo de esta actividad didáctica es que los participantes comprendan las implicaciones globales de la gestión racional del agua, que la eficiencia global de uso del agua se puede incrementar a través del comercio inteligente de productos que tienen demandas intensas de agua. Las huellas hídricas nacionales se externalizan, impactando las situaciones de escasez de agua, y el agua se convierte en un factor geopolítico, mediante la dependencia de recursos internacionales.

Se adaptó el juego de roles y se integró la guía para el facilitador. Con este material se desarrollaron talleres cuyo objetivo es que el participante comprenda los conceptos e importancia del “agua virtual” y de la “huella hídrica”, así como la dimensión global de la gestión del agua, derivada del comercio de productos con altos requerimientos de ésta. Durante 2011 se realizaron seis talleres, tres en Jiutepec, dos en Baja California Sur y uno en San Luis Potosí.

GRAN BRETAÑA

- ***Impacto del cambio climático en la calidad del agua***

El gobierno británico por medio de su embajada en México financió este estudio por considerar de suma importancia el análisis de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos en materia de calidad del agua, así como la elaboración de orientaciones en políticas públicas que permitan contribuir al establecimiento de medidas de adaptación.

Algunos de los impactos del cambio climático sobre la calidad del agua ya han sido identificados en algunas regiones como los grandes lagos, entre Canadá y Estados Unidos; sin embargo, muchos de estos estudios no son aplicables a México debido a que las condiciones ambientales, así como intervalos de temperatura y niveles de contaminación, difieren de manera considerable.

En este tenor, se identificó la necesidad de determinar los impactos causados por el incremento de la temperatura en los cuerpos superficiales de agua de nuestro país y establecer medidas de adaptación y propuestas de políticas públicas que permitan mitigar dichos impactos para alcanzar niveles razonables de sustentabilidad del recurso hídrico.

En los trabajos realizados para detectar impactos, en México se ha determinado un incremento en la temperatura de los cuerpos superficiales de agua de 1 °C, cuyo efecto será importante en ríos y lagos con nivel alto de contaminación antropogénica.

La aplicación de la metodología desarrollada, que tiene como soporte el análisis estadístico de la base de datos de la calidad del agua de la CONAGUA y reuniones de trabajo con las dependencias involucradas, dio como resultado la propuesta de las siguientes medidas de adaptación, así como las políticas públicas que deberían implementarse para mitigar dichos efectos: a) fortalecer el monitoreo de la calidad del agua para generar la información que permita la mejor toma de decisiones, b) integrar un programa de monitoreo de calidad del agua a nivel nacional que sea consistente y se cumpla en tiempo y forma, c) inclusión y adaptación de la legislación al cambio climático, d) elaboración de una legislación y de marcos normativos que contemplen el cambio climático, e) apoyo financiero a acciones de mitigación, f) mejora en el manejo de los sistemas públicos de agua, g) gestión integrada de agua superficial y subterránea, h) adopción de tecnologías mejoradas, i) separación de drenajes sanitarios y pluviales, j) tratamiento de agua residual y k) captación de agua de lluvia.

Con la aplicación de las medidas de adaptación y la implementación de las políticas propuestas, será posible conocer a tiempo los cambios en la calidad del agua por efecto del cambio climático, para así tomar las decisiones pertinentes.



FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

- ***Maestría en Ciencias del Agua y doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua***

En 2005, la CONAGUA y el CONACYT, a través del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua, lanzaron una convocatoria para el diseño y operación de posgrados en las temáticas que el Instituto estaba abordando, de tal manera que el IMTA participó en dicha convocatoria obteniendo el dictamen favorable de entre 38 propuestas presentadas. En 2006 la CONAGUA, con aprobación del CONACYT, solicitó al IMTA cambiar la modalidad de la maestría, de presencial a distancia. Durante 2007 los programas de posgrado iniciaron operaciones de la primera generación de la maestría y el doctorado. A fines de 2008 la CONAGUA manifestó su interés en apoyar una segunda generación del posgrado, situación concretada en 2009 con la firma del Convenio Modificadorio del fondo sectorial. Así, a partir de 2010 se iniciaron los cursos de la segunda generación.

Entre los resultados destacan: 12 alumnos graduados de la primera generación de la maestría en 2011, examen predoctoral de un estudiante de la primera generación e impartición de cursos del cuarto, quinto y sexto cuatrimestre de la maestría y doctorado, con diez estudiantes regulares en maestría y 11 en doctorado.

Con ello, se incrementa en el país el número de especialistas de alto nivel, con una sólida formación científica y tecnológica, que contribuyen al fortalecimiento de las capacidades del sector hídrico y permiten proponer soluciones originales e innovadoras. Por otra parte, se apoya la profesionalización del personal de la CONAGUA y de otras instituciones públicas vinculadas con el recurso hídrico, que aportan soluciones integrales, socialmente viables y económicamente factibles que impactan en el desarrollo sustentable del país.



Sesión presencial de maestría.



Examen de grado de maestría.



Seminario de tesis de maestría.



El Ing. Treviño expone su trabajo ante el jurado



- ***Programa de Capacitación Presencial para el Sector Hídrico 2011***

Durante varios años, el IMTA ha coordinado la oferta de capacitación para el sector hídrico. Para este fin, cuenta con un equipo interdisciplinario constituido por más de trescientos especialistas con nivel de posgrado, todos ellos dedicados al desarrollo tecnológico, transferencia de tecnología y prestación de servicios tecnológicos en diversas disciplinas relacionadas con el recurso agua.

El Programa de Capacitación para el Sector Hídrico se enfoca en atender los problemas prioritarios del sector. En este sentido, los instructores del Instituto regularmente trabajan en proyectos orientados a la solución de los problemas, por lo que al participar como instructores aportan su experiencia en temas específicos, haciendo más eficiente el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Durante el año se impartieron diversos cursos, con objeto de fortalecer las capacidades del sector, los temas se relacionaron con la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados, modelación unidimensional de flujo a superficie libre usando HEC-RAS, evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales, análisis fisicoquímicos en muestras de agua para las normas: NOM-001-ECOL y NOM-002-ECOL, tratamiento de aguas residuales mediante humedales y simulación de redes de distribución de agua potable con EPANET, atendándose un total de 86 personas.

Vale la pena resaltar que a todos estos cursos asistió tanto personal que labora en la iniciativa privada como empleados de los diferentes órdenes de gobierno. También, es de resaltar la participación de personas de Latinoamérica, lo que le da un nuevo impulso a los trabajos desarrollados en éste ámbito, resultando en un impacto internacional.

Cabe señalar que como parte de la planeación para la implementación de este programa anual de capacitación presencial, se recopiló e integró la información de los cursos a ofertar y se tramitó y obtuvo el registro como Agente Capacitador Externo ante la Secretaría de Trabajo y Previsión Social.



- ***Incrementar la capacitación y formación de recursos humanos de la CONAGUA***

Producto del Diagnóstico de Necesidades de Capacitación (DNC), realizado en el Organismo de Cuenca Balsas como organismo piloto, la Gerencia de Innovación y Calidad de la CONAGUA determinó las necesidades de capacitación, estableciendo un plan de acción a cinco años, iniciando en el ejercicio que se informa.

El IMTA, a solicitud de la CONAGUA, participó en la organización e impartición de cursos de capacitación técnico operativa, formación de instructores y formación de personal en manejo de conflictos de la gestión integrada de los recursos hídricos.

En total, se impartieron 21 cursos presenciales en diferentes ciudades del territorio nacional, en los cuales se formó a 433 personas. Adicionalmente, haciendo uso de la capacitación a distancia tipo *e-learning*, se impartieron dos cursos cortos y un diplomado en gestión integrada del agua, atendándose en esta modalidad a 107 personas. Esta última modalidad de capacitación permite un ahorro sustancial en gastos de viaje, así como facilitar que el personal a capacitar realice esta actividad desde una computadora personal, ya sea en su oficina o cualquier otro lugar, los siete días de la semana las 24 horas del día.



- ***Instrumentación de un programa de capacitación y certificación de las competencias laborales del personal para la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Tabasco (CEAS-Tabasco) 2011***

La operación de los servicios públicos requiere tanto de infraestructura como de equipo, así como personal calificado para operarlos adecuadamente y desempeñar

las funciones pertinentes al servicio que le son encomendadas. En este sentido, el CEAS-Tabasco decidió fortalecer las capacidades laborales de su personal.

Al respecto, el IMTA propuso implementar un esquema completo de capacitación basado en las Normas Técnicas de Competencias Laborales (NTCL) y la Entidad de Certificación y Evaluación (ECE) que establece el Servicio Civil de Carrera, así como realizar el seguimiento y evaluación periódica de la capacitación realizada, con el objetivo de certificar a 1,000 empleados; meta sin precedentes en el ámbito nacional.

Por otra parte, el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER) otorgó la cédula de acreditación al IMTA como Entidad de Certificación y Evaluación (ECE).

Por otra parte, el Comité de Gestión por Competencias del Sector Hídrico (CGCSH), presidido por el IMTA, aprobó 14 Estándares de Competencia, de los cuales cuatro ya han sido publicados en el *Diario oficial de la Federación*; el resto está en proceso de aprobación y publicación.

Estos Estándares de Competencia, junto con las NTCL del CONOCER vigentes, han servido para capacitar 865 personas y certificar a otras 252 de la CEAS Tabasco durante el año 2011.



Impartiendo curso de reforzamiento.



Ejercicio en el curso de reforzamiento.

- ***Sistema de Capacitación a Distancia e-Learning 2011***

A lo largo de su historia el Instituto ha realizado actividades de capacitación presencial. En la actualidad impulsa una nueva estrategia para la formación de recursos humanos: la formación a distancia por medio de Internet, siendo la innovación, la difusión del conocimiento tecnológico, la formación de recursos

humanos del sector y el uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación sus principales ejes rectores.

Como resultados del semestre figuran el rediseño del sitio de educación a distancia y la actualización de la plataforma *Moodle* para mejor administración de los cursos, el trabajo y acceso de los participantes a los contenidos.

Actualmente, se oferta un programa de capacitación a distancia con seis cursos y dos diplomados.

Sistema de Capacitación a Distancia e-Learning

Usted no se ha autenticado. (Entrar)
Español - Internacional (es)

Categorías

- Cursos
- Diplomados
- Especialidades
- Proyectos
- Convenios
- GIA Conagua
- Mejoramiento de la Medición en Distritos de Riego

Buscar cursos ...
Todos los cursos ...

Menú principal

- Novedades

OFERTA EDUCATIVA

CURSOS:

- Zonas de riego modernizadas
- Antecedentes y principios de la GIA
- Conflictos y gobernabilidad para la GIA
- Instrumentos de la GIA
- Formación de instructores
- Presentaciones didácticas

DIPLOMADOS:

- Gestión Integrada del Agua (GIA)
- Sequías

CONVENIOS:

Aplicaciones requeridas

Si no puede visualizar los contenidos, instale este complemento:

Bienvenidos

DIPLOMADO A DISTANCIA GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA

PARA PERSONAL DE SERVICIOS A USUARIOS DE LOS ORGANISMOS DE CUENCA Y DIRECCIONES LOCALES DE LA CONAGUA

En el siguiente vínculo encontrará el programa de capacitación a distancia 2011:
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN A DISTANCIA 2011

Mejoramiento de la Medición en Distritos de Riego

CURSO: Formación de Instructores SISTAG-CNA

Entrar

Nombre de usuario:

Contraseña:

Entrar

¿Ha extraviado la contraseña?

Calendario

July 2011

Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
						1 2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
						31

Eventos próximos

- Diplomado Gestión Integrada del Agua
Monday, 11 July (10:00)
» Friday, 4 November (18:00)

Ir al calendario...

Usuarios en línea

(últimos 5 minutos)

- Alejandro Santillano Estrada
- Edgar Rigoberto Santos Montalvo

Contador de visitas

4087

El contador inició el 23 de June de 2010

Sistema de Capacitación a Distancia

GOBIERNO FEDERAL

SEMARNAT

Instrumentos para la gestión integrada del agua
 Zonas de riesgo modernizadas
 Autoayudas y principios de la gestión integrada del agua
 Conflictos y potencialidad para la gestión integrada del agua
 Instrumentos de la gestión integrada del agua
 Presentaciones didácticas
 Información de actualización

INFORMES E INSCRIPCIONES:
 Subcoordinación de Capacitación Externa y Posgrado
 Tel. (777) 329 3600 Ext. 612
<http://capitacionadistancia.imta.mx>



- ***Metodología para la formación de educadores ambientales y producción de materiales didácticos***

Una de las funciones del IMTA consiste en diseminar el conocimiento. Así, produce materiales de divulgación que apoyan el fortalecimiento de la cultura del agua entre diferentes sectores de la población mexicana.

Entre los avances principales en materia de educación ambiental, se cuenta con los documentos: *Agua y salud*, *Cambio climático: mitigación* y *Cambio climático: adaptación*, *Descripción gráfica de una cuenca*.

Esta línea de trabajo abre posibilidades de comunicación con públicos no especializados que, al contar con información de calidad, podrán mejorar su relación (uso y consumo) del agua.

- ***Programa Federalizado de Cultura del Agua: Capacitación para la Comisión de Agua del Estado de Durango y producción de material didáctico inédito***

Se capacitó a cuarenta responsables de los espacios de cultura del agua de 39 municipios de Durango. Los temas abordados fueron: “Formación de instructores en cultura del agua”, “Producción didáctica para cultura del agua”, “Gestión integrada del agua” y “Agua en el marco de la educación para el desarrollo sustentable”. Todos los programas didácticos cumplen con las especificaciones del Programa Federalizado de Cultura del Agua.

- ***Capacitación en caracterización toxicológica de la calidad del agua***

La mayor parte de las cuencas de México presentan un acelerado proceso de urbanización y la consecuente demanda de servicios. A ello, se suman la creciente industrialización y la expansión agrícola, que aportan contaminantes a los cuerpos de agua, así como la extracción de agua de los acuíferos. Todas estas actividades ejercen enorme presión sobre el recurso hídrico.

Por lo anterior y a través de Fondos Sectoriales CONACYT-CONAGUA, se consideró necesario un estudio que abordará parámetros que integren respuestas de afectación al recurso hídrico, tal y como son el uso de indicadores biológicos mediante pruebas de toxicidad, que permitan evaluar mezclas de sustancias químicas, y así constituir parte del marco normativo para el control ambiental y la generación de capacidad analítica.

En México, un número limitado de instituciones están en capacidad de efectuar análisis de toxicidad siguiendo protocolos analíticamente confiables. La mayoría de

estas instituciones han sido capacitadas por el IMTA a lo largo de los últimos veinte años a través de un modelo de Taller de Transferencia Tecnológica.

En vista de que el número de instancias capacitadas en la determinación de toxicidad no será suficiente para afrontar la demanda de este servicio de análisis, y considerando la importancia de ampliar su mercado, el proyecto incluyó el desarrollo de dos Talleres de Transferencia Tecnológica para laboratorios privados, los cuales podrán comercializar el servicio en estudios ambientales para el país.

En total, se ha capacitado a veinte laboratorios privados para el desempeño de pruebas de toxicidad con *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* y *Pseudokirchneriella subcapitata*, y se otorgaron a la CONAGUA tres protocolos y los criterios de calidad analíticos que constituyen el paquete de pruebas para evaluación de toxicidad a integrarse en las Normas Mexicanas.

El proyecto otorga a las autoridades metodologías que permiten detectar la carga tóxica en descargas y en ambientes naturales, fortalece la capacidad analítica del país para la detección de la toxicidad en agua y fomenta un mercado a explotar para el sector privado interesado en el desarrollo de pruebas biológicas.



Capacitación teórica para la prueba con *Vibrio fischeri*.



Capacitación práctica para la prueba con *Daphnia magna*.



Capacitación para los resultados de la prueba de toxicidad con *Pseudokirchneriella subcapitata*.

- ***Programa de Organización Empresarial de Unidades de Riego***

Para lograr un uso eficiente del agua y generar una mayor participación de todos los involucrados en el manejo del recurso hídrico en las Unidades de Riego, la CONAGUA estableció el Programa de Organización Empresarial de Unidades de Riego (PROEUR), que le permite estructurar apoyos a los productores rurales usuarios del agua y a las autoridades competentes en su administración.

El PROEUR se fundamenta en el desarrollo del capital humano y social a través del fomento de la empresarialidad en las organizaciones de usuarios de riego (OUR). Este programa es un componente estratégico para inducir a los productores rurales organizados con el fin de generar mayores ingresos y optimizar el uso del agua.

El PROEUR se aplicó en las Unidades de Riego Los Becos, Agua Verde, Laguna de Beltranes y Las Higueras, estado de Sinaloa, y consistió en el diseño de un plan y estrategia de capacitación de 535 productores. El plan consistió en la elaboración de una estructura de desarrollo empresarial campesina a través de la capacitación en la inducción empresarial. Como resultado, se elaboró el proyecto de una comercializadora de insumos y productos agrícolas para beneficiar a 47 productores que siembran una superficie de 467 ha. Ello les permitirá generar más empleos, disminuir los costos de producción y así ser más competitivos en el mercado.

Como resultado de este programa se logra la transformación de productores tradicionales en empresarios agrícolas.

	
<p>Productores definiendo el proyecto de la comercializadora de la unidad Los Becos, Sinaloa.</p>	<p>Productores participando en la elaboración del proyecto de fábrica de escobas de la unidad Laguna de Beltranes, Sinaloa.</p>



Productores elaborando el proyecto de la deshidratadora de fruta de la unidad Las Higueras, Sinaloa.

- ***Tercer Seminario Internacional de Potamología José Antonio Maza Álvarez***

Los retos que enfrenta México y los ingenieros de ríos son excepcionales, no sólo porque hay necesidad de aprovechar de manera más eficiente y sostenible los recursos hídricos, sino también por los nuevos escenarios que involucran factores tales como el calentamiento global, el aumento en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, las inundaciones frecuentes, la contaminación y degradación de los ecosistemas, el deterioro de los humedales, los problemas de erosión y sedimentación, entre otros. Fomentar el interés de las nuevas generaciones por el estudio de la potamología es fundamental para enfrentar los nuevos desafíos y seguir ahondando en el conocimiento del manejo de nuestros ríos.

Dentro de este contexto, 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, el desarrollo y la planificación de recursos hídricos, la hidráulica ambiental, la ingeniería del riego, la hidráulica computacional y la hidrología estocástica.

El seminario se realizó en conjunto con el Organismo de Cuenca Frontera Sur de la CONAGUA en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se contó con la participación de tres conferencistas internacionales (España, Argentina y Chile) y 11 nacionales (CONAGUA, CFE, Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto Politécnico Nacional e IMTA), así como de 250 asistentes promedio por día, entre especialistas, estudiantes y personas interesadas en el estudio de la potamología.

Se abordaron diversos temas: la ecohidrología fluvial, los efectos del cambio climático en el escurrimiento de los ríos, las obras de protección y restauración de ríos, la modelación numérica y la física del flujo en cauces y del transporte de sedimentos; en total hubo 14 conferencias. También, durante el segundo día del evento, se llevó a cabo una mesa redonda en la que se debatió el tema “Operación de embalses del sistema hidroeléctrico en el río Grijalva”.

En la página web del IMTA se creó un micrositio del evento, en el cual se encuentran disponibles las presentaciones de los conferencistas.



Sitio web del Tercer Seminario de Potamología.
<http://www.imta.gob.mx/potamologia/>

- ***Fortalecimiento de capacidades para técnicos del Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales (PROSSAPYS III) de la Comisión Nacional del Agua***

Ante la necesidad de la CONAGUA de fortalecer las capacidades de técnicos y personal operativo que participa en el PROSSAPYS-III, el IMTA llevó a cabo el diseño de un curso de capacitación denominado *Fortalecimiento de capacidades sobre técnicas e instrumentos para la participación social en comunidades rurales*, así como su implementación e impartición en tres eventos regionales de capacitación a nivel nacional, dirigidos al personal técnico y operativo de la CONAGUA, de los Organismos Estatales del Agua y de los Organismos Operadores Municipales que colaboran en la ejecución del componente de Atención Social y Participación Comunitaria del PROSSAPYS III.

Estos eventos de capacitación se llevaron a cabo en las ciudades de San Cristóbal de las Casas, Durango y Acapulco, con un total de 95 capacitandos. Además, se desarrollaron materiales didácticos y un manual, con miras a que se utilice a nivel nacional, como principal herramienta de apoyo a las labores prácticas y alas condiciones diarias a los que se enfrentan los promotores y técnicos encargados del componente de atención social del PROSSAPYS-III.



Participantes en el taller de San Cristóbal de las Casas.

PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

- **Revista Tecnología y Ciencias del Agua**

En el presente año se editaron cuatro números de la revista: vol. II, núm. 1, enero-marzo; vol. II, núm. 2, abril-junio; vol. II, núm. 3, julio-septiembre, y vol. II, núm. 4 octubre-diciembre, tanto en versión impresa como digital (ISSN 0187-8336 de la versión impresa; ISSN 2007-2422 de la versión digital). La versión digital (<http://www.imta.gob.mx/tyca/>) ofrece versión web, *Windows Desktop*, buscador, tabla de contenidos, agregar notas, vistas miniatura, *zoom in/out*, imprimir, y descargar archivo en PDF.

La revista se distribuyó a 1,600 suscriptores tanto de México como del extranjero.

La página web tuvo 56,680 visitas anuales, provenientes de 98 países de 1,293 ciudades de los cinco continentes. Los diez países desde donde se tiene mayor número de visitas son: México, Colombia, Perú, España, Venezuela, Argentina, Chile, Ecuador, Bolivia y Estados Unidos. El porcentaje de visitas nacionales es del 46% y 54% internacionales.

Se enviaron por correo electrónico 1,879 artículos en versión PDF (texto completo) a personas que los solicitaron desde diversos países como: Alemania, Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Estados Unidos, Guatemala, México, Panamá, Perú, Reino Unido, Uruguay y Venezuela. Las solicitudes se recibieron a través de la página web de la publicación.



Portadas de los cuatro números de la revista.



Versión digital, vol. II, núm. 4.

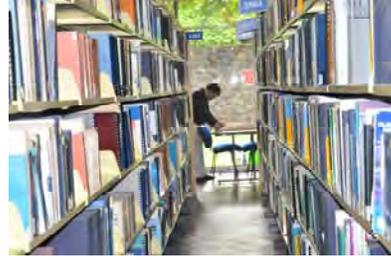


Mapa de los países/regiones desde donde se visitó la página de TyCA.

- **Centro de Conocimiento del Agua (CENCA)**

El CENCA desarrolla y proporciona servicios de información tecnológica, con periodicidad definida y por solicitud expresa, en apoyo a los profesionales del sector agua nacional en la toma de decisiones y en la actualización de sus conocimientos científicos y tecnológicos, así como en la solución de los problemas que se les presenten en el desempeño de sus actividades institucionales. Estos servicios están disponibles a través de su portal web: <http://cenca.imta.mx>.

De acuerdo con lo programado, se continúan enviando los servicios especializados de información que constituyen un elemento esencial en la gestión del conocimiento en el Instituto; los servicios proporcionados son: boletín de *Noticias Nacionales Relevantes sobre el Agua* en forma diaria, 12 números de los boletines: *Tablas de contenido*, *Nuevas adquisiciones bibliográficas* y *Eventos técnicos*. Con respecto al sitio web (<http://cenca.imta.mx>), se incrementó el número de documentos digitales, por lo que se tuvieron 45,596 accesos al catálogo general, se consultaron 2,696 títulos de revistas y se obtuvieron 1,579 artículos a texto completo. De manera especial y con el fin de promover el uso de nuestros servicios, el CENCA implementó un programa de formación de usuarios para desarrollar las habilidades de los especialistas del IMTA en la búsqueda y recuperación de información. En este programa se instituyó la actividad "El CENCA fuera del CENCA", consistente en llevar y exponer libros, revistas, bases de datos y mobiliario a las diversas áreas de trabajo de los especialistas. Dicho programa permitió incrementar las estadísticas de uso de los servicios y conocer con mayor precisión las necesidades y requerimientos de información de los usuarios.



Comunicación institucional

El IMTA tiene entre sus funciones principales la diseminación del conocimiento. En este contexto, se han generado los criterios de comunicación institucional que permitan organizar las diversas actividades enfocadas a proyectar el quehacer e imagen de la institución.

- ***Programa Editorial***

En 2011, se editaron 13 libros, ocho en edición propia y cinco en coedición.

Con el objetivo de extender la difusión de los productos editoriales del IMTA, se continúa con los puntos de venta en librerías del Instituto Politécnico Nacional y de la Universidad Autónoma Metropolitana, así como de El Sótano, EDUCAL y diversos establecimientos de la cadena Librerías Gandhi.

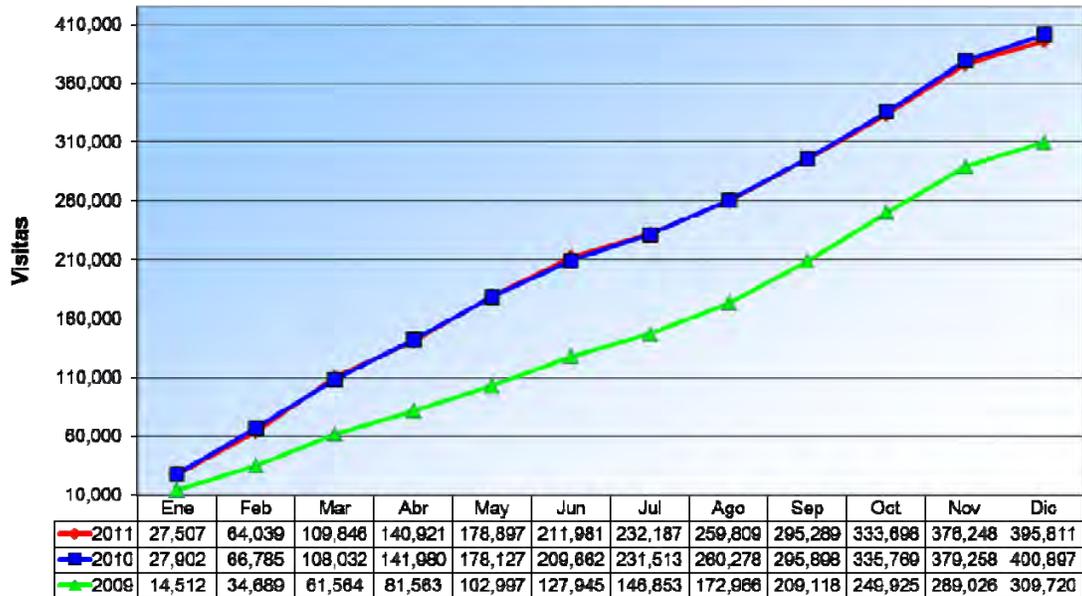
- ***Sistemas informáticos y sitios web***

En 2011 se llevaron a cabo las actividades de diseño, desarrollo, mantenimiento, operación y actualización de la Red de Sitios IMTA. Asimismo, se realizó el mantenimiento y actualización de 15 sitios institucionales y temáticos. Por otro lado, se cumplió con los lineamientos de imagen y contenido establecidos por el Sistema Internet de la Presidencia (SIP) para los sitios web institucionales, obteniendo el portal IMTA una calificación de 9.8 en la evaluación de 2011.

La Red de Sitios IMTA, en su conjunto, registró un total de 1,214,083 visitas. Destacan entre ellas las 680,603 correspondientes a los portales IMTA y el ATL.

Gráfica acumulativa

Visitas Portal IMTA 2009-2011



- **Producción radiofónica**

El programa *Planeta Agua*, que entró en su séptimo año de transmisiones, es un espacio radiofónico del IMTA en colaboración con la Universidad Autónoma del Estado de Morelos que ha permitido la difusión del conocimiento del agua a través de especialistas invitados. Para ampliar la difusión de sus contenidos, las emisiones también se transmiten vía Internet a través de los portales del Instituto y *Atl, El Portal del Agua desde México*, de la Cátedra UNESCO-IMTA *El Agua en la Sociedad del Conocimiento*.



- **Gaceta del IMTA**

En 2011 se publicaron 12 números de la *Gaceta del IMTA*, medio de difusión electrónica para dar a conocer avances y resultados de los proyectos más importantes desarrollados en el Instituto. Por medio de correo electrónico esta publicación llega a más de 10,000 lectores ubicados en el sector medio ambiente. La gaceta también puede consultarse en la página web institucional: www.imta.gob.mx.



- **Producción de videos**

Las nuevas tecnologías electrónicas y de comunicación son un instrumento dentro de las estrategias de difusión y divulgación del conocimiento del agua generado en el instituto. De esta manera, el material audiovisual producido constituye un valor agregado a los productos y servicios prestados, como parte de los proyectos que se aplican a la solución de la problemática existente en el sector hídrico.

En 2011 se produjeron ocho videos documentales: *IMTA: a la vanguardia en investigación en el sector hídrico*; *Contaminantes emergentes: conocimiento en construcción*; *Aprovechamiento sustentable de las aguas residuales para riego agrícola del Ingenio Plan de San Luis*; *Sistema de información del padrón de usuarios de riego de la CONAGUA*; *Planta potabilizadora La Peregrina*; *Evaluación de sistemas de riego por gravedad*, y *Biofiltración con material orgánico (BIOTROP)*.



Se actualizaron dos videos documentales a solicitud de la Subcoordinación Contaminación y Drenaje Agrícola: *Tratamiento de las aguas residuales del*

Ingenio Emiliano Zapata en un humedal de flujo intermitente y Tratamiento de las aguas residuales del Ingenio Casasano en un humedal de flujo intermitente.

Para las actividades conmemorativas del 25 aniversario del IMTA, se realizó el video documental *IMTA: 25 años de ser la casa del conocimiento y la tecnología del agua.*

Asimismo, se produjeron cinco videocápsulas informativas de las sobremesas “Los que hacemos el IMTA”, el video del curso *Aplicación curva de costos para la planeación hídrica en México* y se cubrió en video el III Coloquio Internacional Jurídico 2011, Ciudades en Cuencas Sustentables.



- ***Catálogo fotográfico La gestión de la Comisión del Papaloapan en imágenes, 1944-1983***

Como parte de las actividades del Consejo Nacional Mexicano del Programa Hidrológico Internacional (Conamexphi), específicamente dentro del Programa de Agua y Cultura, se editó el catálogo fotográfico *La gestión de la Comisión del Papaloapan en imágenes, 1944-1983*, en coordinación con el Archivo Histórico del Agua. Este catálogo recoge material fotográfico del archivo de la Comisión del Papaloapan y pretende ser de utilidad a los interesados en la historia de la cuenca del Papaloapan, de su papel en los cambios económicos y sociales, y de la transformación del paisaje de la cuenca, a través de novecientas imágenes.



Portada de *La gestión de la Comisión del Papaloapan en imágenes, 1944-1983.*

- Edición de *Documentos para la historia del agua en el Noroeste de México, 1873-1994*

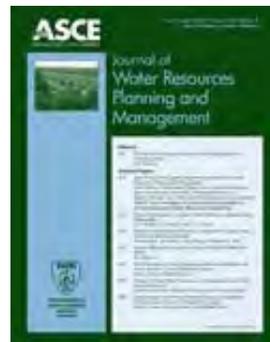
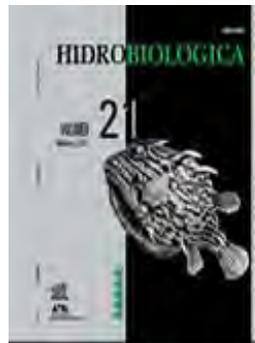
Se editó el disco compacto *Documentos para la historia del agua en el Noroeste de México, 1873-1994*, en colaboración con el Archivo Histórico del Agua y la Universidad de Sinaloa. Este disco contiene documentación seleccionada de 1873 a 1994, incluyendo documentos de la Comisión Nacional de Irrigación.



Portada de *Documentos para la historia del agua en el Noroeste de México, 1873-1994.*

Artículos publicados por especialistas

Durante 2011, especialistas del IMTA publicaron 41 artículos científicos, 244 artículos de divulgación y 19 capítulos en diez libros. Entre las revistas donde se han publicado los artículos se encuentran: la *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* de la Universidad Nacional de Cuyo, *Hidrobiológica*, *Ciencia y Desarrollo*, *Journal of Water Resources Planning and Management* y *Photogrammetry and Remote Sensing*.



OTRAS ACTIVIDADES RELEVANTES

- *Jornadas de Reflexión desde la Ciencia y la Tecnología*

En el marco de la celebración de los 25 años del IMTA se llevaron a cabo las Jornadas de Reflexión desde la Ciencia y la Tecnología, en las cuales cada una de las coordinaciones del Instituto, junto con expertos invitados en cada temática, compartió experiencias, perspectivas y resultados a futuro en los siguientes temas: tratamiento y calidad del agua, el agua como factor estratégico para la producción de alimentos, hidráulica, el IMTA como formador de capacidades institucionales del sector agua, contribución de la hidrología en el desarrollo social y la participación social y la divulgación del conocimiento para la gestión del agua. En las jornadas participaron destacados expertos externos en cada tema.

En total, se contó con la participación de 1,500 asistentes, 68 panelistas, nueve conferencistas, dos videoconferencias internacionales y 48 horas de transmisión en vivo vía Internet.



El Dr. Polioptro Martínez Austria, Director General del IMTA y el Coordinador de Riego y Drenaje M. C. Fernando Fragoza Díaz, acompañan a los panelistas.



Presentación de la información relevante de la Coordinación de Riego y Drenaje, la cual se plasmó en una columna (tótem).



Panel de discusión, posterior a la exposición de los ponentes.

- ***Colaboración del IMTA con las cámaras de diputados y senadores***

En este periodo, el IMTA participó con sus observaciones y comentarios emitidos mediante la Oficina del Enlace Legislativo de la SEMARNAT en la formulación de la Ley General de Cambio Climático, tanto con la H. Cámara de Senadores para su evaluación y aprobación, como con la H. Cámara de Diputados durante el proceso actual de revisión. Dicha Ley define la concurrencia de facultades de la federación, de las entidades federativas y municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico en materia de cambio climático, buscando regular las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico. Incluye también el planteamiento y regulación de acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, buscando, entre otros sectores, la preservación, restauración, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y recursos hídricos de México. Asimismo, el Instituto forma parte del Consejo Técnico Consultivo del Agua, órgano honorífico y de consulta de la Comisión de Recursos Hidráulicos de la Cámara de Diputados.

- ***Comisión Nacional de Normalización***

La Comisión Nacional de Normalización (CNN) tiene como objeto coadyuvar en la política de normalización, y permitir la coordinación de actividades que en esta materia corresponda realizar a las distintas dependencias y entidades de la administración pública federal. Fue instituida con la Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMN) de 1992.

El IMTA ha participado en la CNN como representante del sector académico nacional desde su constitución, colaborando en las funciones anteriores -que se presentan en cada una de las reuniones trimestrales-, y en algunas ocasiones en el Consejo Técnico.

- ***Sistema de Gestión de la Calidad***

La Política Institucional de la Calidad en el IMTA es el compromiso de satisfacer los requerimientos de clientes, usuarios y partes interesadas, mediante el desarrollo de la competencia de nuestro personal, el cumplimiento de requisitos establecidos y la mejora continua de procesos, productos y eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad.

Durante 2011 se realizaron siete cursos y seis talleres con temas de calidad y de ISO 9000, en los que participaron los 14 auditores y responsables de calidad en el IMTA. Además, se impartió un curso externo de auditorías de calidad con duración de 48 horas y una conferencia sobre ISO 9001 para directivos. En total, se

impartieron 977 horas/hombre de capacitación. Se mantuvo la certificación del Sistema de Gestión de la Calidad durante la auditoría de vigilancia.

- ***Visita de vigilancia de la Entidad Mexicana de Acreditación (ema), al Laboratorio de Equipos y Materiales del Sector Agua***

El resultado obtenido en la evaluación fue de “Cero No Conformidades”, en relación con su capacidad de mantener la vigencia de acreditación de las pruebas de conformidad de medidores de agua. Lo anterior es un reconocimiento significativo para el laboratorio, por su Sistema de Calidad, en apego a la norma internacional y nacional de calidad de laboratorios de prueba. Los requisitos que se cumplen y se demuestran con evidencias, por parte del laboratorio del IMTA ante la visita de vigilancia del grupo evaluador de la ema, están establecidos en la norma internacional ISO/IEC17025:2005 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, equivalente a la norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006.

- ***Programa cultural en colaboración IMTA-Universidad de las Américas Puebla***

La ciencia, el arte y la cultura son importantes expresiones de la sociedad contemporánea, que reflejan la creatividad humana y alimentan la imaginación en la búsqueda de una vida mejor. Por ello, y con el fin de incentivar el desarrollo humano y la creatividad de los colaboradores del Instituto, así como para promover la convivencia familiar con un adecuado balance trabajo-recreación, en el marco del convenio de colaboración entre el IMTA y al Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), en 2011 se conjuntaron esfuerzos para la realización de un programa conjunto de actividades artísticas y culturales. En este contexto, en el auditorio del IMTA José Antonio Maza Álvarez, a lo largo del año se efectuaron cuatro presentaciones de los equipos representativos culturales de la UDLAP, así como cuatro exposiciones plásticas.

Cabe destacar que este programa lo ofrece la UDLAP gratuitamente al IMTA, como parte de la colaboración académica entre ambas instituciones.





- ***Certificación en Equidad y Género***

Es un instrumento que establece los requisitos para la certificación de las prácticas para la igualdad laboral entre mujeres y hombres, en la cual están incluidos indicadores, prácticas y acciones para fomentar la igualdad de oportunidades, independientemente de su origen étnico, racial o nacional, sexo, género, edad, discapacidad, orientación sexual, estado civil o cualquier otra característica o condición análoga. Es decir, busca la igualdad y la inclusión laboral, con corresponsabilidad entre la vida laboral y la vida familiar.

Esta norma contribuye al cumplimiento del Eje 3 Igualdad de Oportunidades, del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, Objetivo 16: “Eliminar cualquier discriminación por motivos de género y garantizar la igualdad de oportunidades para que las mujeres y los hombres alcancen su pleno desarrollo y ejerzan sus derechos por igual”. Asimismo, coadyuva al cumplimiento de diversos instrumentos jurídicos nacionales e internacionales en la materia, entre los cuales destacan: la IV Conferencia Mundial de la Mujer. Declaración de Beijing y Plataforma de Acción; la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer, Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer y su Protocolo Facultativo, y la Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia contra la Mujer, Convención de Belém Do Pará.

En este sentido, en 2011, el Presidente de la República, Lic. Felipe Calderón Hinojosa, instruyó la certificación de la Administración Pública Federal con la Norma Mexicana para la igualdad laboral entre mujeres y hombres.

La certificación tiene una duración dos años e implica recibir una visita anual, aunado al otorgamiento del certificado, y se da permiso de uso de la Marca Igualdad Laboral entre Mujeres y Hombres, propiedad de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

En una primera etapa, se contempla la certificación de la Dirección General; la Unidad Jurídica; las coordinaciones de Asesores; de Administración, y de Comunicación, Participación e Información.

A efecto de obtener esta certificación, se han realizado cinco talleres en los temas de “Sensibilización en equidad de género e Introducción a la NMX-R-25-SCFI-2009”; “Lenguaje incluyente”; “Derechos humanos”; “Compatibilidad entre vida familiar y laboral”, y “Hostigamiento y acoso sexual”, contando con la participación del personal de las unidades administrativas antes citadas, quienes serán evaluadas a efecto de obtener la certificación en el primer semestre de 2012, haciendo un total de 134 funcionarias y funcionarios. Conjuntamente, se integró la información necesaria y acciones conducentes para estar en condiciones de atender la pre-auditoría de certificación, la cual concluyó con un resultado satisfactorio. Ello indica que el IMTA está en condiciones de alcanzar la certificación.

PREMIOS Y DISTINCIONES

- El IMTA fue distinguido con el Premio Nacional de Irrigación, otorgado por la Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación, la mayor distinción en la materia, por sus contribuciones al desarrollo tecnológico en la agricultura de riego.
- El artículo “Groundwater Banking in the Río Grande Basin”, del doctor Carlos Patiño Gómez, fue reconocido como Mejor Artículo sobre Políticas de Gestión del Agua, publicado en el *Journal of Water Resources Planning and Management*. (Sandoval-Solis S., Mckinney D. C., Teasley R. L., and Patiño-Gómez C).
- Los doctores Víctor Hugo Alcocer Yamanaka y Velitchko Georguiev Tzatchkov, por su trabajo “Análisis espectral de consumo doméstico de agua potable”, recibieron el Premio Nacional José A. Cuevas al Mejor Artículo Técnico, otorgado por el Colegio de Ingenieros Civiles, A. C.
- La doctora Maricela Martínez Jiménez recibió un reconocimiento de la Agencia de Agricultura de Estados Unidos por su trabajo en el control biológico del carrizo gigante (*Arundo donax*) en México.
- Los doctores Polioptro Martínez Austria y Francisco Javier Aparicio Mijares recibieron Mención al Líder Mexicano en el Sector Agua, en la revista *Líderes Mexicanos*.
- El gobierno del estado de Morelos, a través del Consejo de Ciencia y Tecnología (CCyTEM), otorgó el Reconocimiento al Mérito Estatal de Investigación 2011 a la doctora Anne Hansen.
- La doctora Gabriela Moeller recibió el 1° lugar en la Feria de Innovación y Creatividad en Ingeniería Ambiental.
- El doctor Ariosto Aguilar Chávez y Víctor Mejía Astudillo obtuvieron el premio al primer lugar en la Feria de Inventos 2011, por el equipo de medición de tiempo en travesía *ITZI-FLOW*, desarrollado en la industria.
- Los doctores Javier Aparicio Mijares y Víctor Hugo Alcocer Yamanaka recibieron un reconocimiento como los profesores más destacados en la maestría de Ingeniería Hidráulica, Semestre 2011-II, UNAM-Campus Morelos, así como el Mtro. Carlos Gutiérrez Ojeda, en el semestre 2012-I.
- El maestro en Hidrología Manuel Martínez Morales obtuvo el grado de doctor en Ingeniería por la Facultad de Ingeniería, UNAM.

- La maestra en Ciencias María Antonieta Gómez Balandra obtuvo el grado de doctor en Ciencias Recursos Bióticos, por la Universidad Autónoma de Querétaro.
- El maestro en Ingeniería Ambiental Martín Piña Soberanis obtuvo el grado de doctor en Ciencias Ambientales, por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, UAEH.
- El biólogo Marco Antonio Mijangos Carro obtuvo el grado de maestro en Ciencias, por la Facultad de Ciencias de la UNAM.

ANEXOS

1 VINCULACIÓN CON CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO Y UNIVERSIDADES (2011)

Proyecto	Institución	Objetivo
Nivelación de precisión a lo largo de circuitos dentro de la zona con hundimientos del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California.	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior, de Ensenada, Baja California. Centro Conacyt.	Realizar una nivelación geodésica de primer orden, clase II, en aproximadamente 50 km de circuitos dentro de la zona con hundimientos del DR 014, Río Colorado, Baja California para completar la segunda nivelación.
Colaboración técnica con la UPEMOR en el tratamiento de lixiviados procedentes del cultivo de jitomate hidropónico, para su integración a la solución nutritiva.	Universidad Politécnica de Morelos.	Transferencia del sistema de tratamiento para recuperar el agua y nutrientes provenientes de los lixiviados del cultivo de jitomate hidropónico.
Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.	Universidad Nacional Autónoma de México.	Desarrollar un protocolo de investigación e iniciar los trabajos de investigación para cada uno de los siguientes tres temas de estudio: 1) Efecto de la granulometría, carga orgánica y velocidad de filtración en la remoción de macronutrientes de agua residual municipal. 2) Efecto de la relación C/N y la aeración en la remoción de ambos macronutrientes de agua residual agro-industrial. 3) Remoción por filtración (sobre materiales orgánicos y membranas) de colorantes Azo y aditivos presentes en agua residual de industria textil.

Establecimiento de una red de estaciones agroclimatológicas en las principales regiones agropecuarias del estado de Morelos (operación, mantenimiento y calibración de las redes).	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	Mantener la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos funcionando efectivamente para obtener información meteorológica en tiempo real.
Vital and Viable Services for Natural Resource Management in Latin America.	Universidad Agraria de Viena en la Comisión de las Comunidades Europeas	Realizar la evaluación integrada de los programas institucionales revisados y la evaluación costo-beneficio para la implementación de conceptos innovadores.
Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas (2ª etapa).	Centro de Investigación Industrial de Quebec (CRIQ).	Implementar un sistema a escala real en una granja porcina, a partir de los resultados a escala piloto.
Investigación hidrogeoquímica del arsénico en el sistema acuífero de la Comarca Lagunera.	Centro Aeroespacial Alemán (DLR).	Analizar la geoquímica y el origen del arsénico en el agua subterránea de la Comarca Lagunera, con el fin de dilucidar las condiciones y factores preponderantes para implementar posteriormente una remediación in situ.
Elaboración de los proyectos ejecutivos para el manejo sustentable del agua en los tecnológicos Milpa Alta, Tláhuac I, Tláhuac II y Gustavo A. Madero, ubicados en el Distrito Federal.	Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa (INIFED).	Desarrollar un proyecto tipo para el manejo sustentable del agua en la zona en estudio, que comprende el polígono que cierra la ubicación de los institutos tecnológicos seleccionados por el INIFED para el proyecto.
Diseño e implementación del "Módulo para el monitoreo, evaluación y seguimiento" del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).	Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	Diseñar e implementar el módulo para la etapa de monitoreo, evaluación y seguimiento del SIPOEGT, como una herramienta de apoyo para dar seguimiento a los acuerdos del grupo interinstitucional, y realizar el monitoreo y evaluación del grado de cumplimiento y efectividad de las estrategias y acciones del POEGT.

<p>Analysis of ENSO Multidecadal Variability (EMV) and an Assessment of Its Possible Future Impacts on Energy and Primary Sectors of the Mexican Economy. (28,000 USD/2009-2010)</p>	<p>University of California, Riverside.</p>	<p>Análisis de la variabilidad multidecenal del ENSO (VME) y una estimación de la vulnerabilidad climática de y los impactos climáticos (2010-2040) sobre la agricultura, la pesca y la producción de energía en México.</p>
--	---	--

2 ADMINISTRACIÓN

**PRESUPUESTO DE EGRESOS DE LA FEDERACIÓN 2011
FLUJO DE EFECTIVO
PRODUCTORAS DE BIENES Y SERVICIOS
(Pesos)**

ENTIDAD: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	SECTOR: 16 Medio Ambiente y Recursos Naturales
---	---

INGRESOS	MONTO	EGRESOS	MONTO
TOTAL DE RECURSOS	576,290,048	TOTAL DE RECURSOS	576,290,048
DISPONIBILIDAD INICIAL CORRIENTES Y DE CAPITAL	106,691,110	GASTO CORRIENTE	409,892,527
	209,086,002		
VENTA DE BIENES	681,673	SERVICIOS PERSONALES MATERIALES Y SUMINISTROS	177,554,604 18,373,469
VENTA DE SERVICIOS	203,150,223	SERVICIOS GENERALES	213,964,454
INGRESOS DIVERSOS	5,254,106	INVERSIÓN FÍSICA	37,467,541
	-	BIENES MUEBLES E INMUEBLES	14,808,698
	-	OBRA PÚBLICA	681,042
	260,512,936	OTRAS EROGACIONES	18,977,801
SUBSIDIOS Y TRANSFERENCIAS DEL GOBIERNO FEDERAL	-		
CORRIENTES	241,535,135	SUMA DE EGRESOS DEL AÑO	444,360,068
SERVICIOS PERSONALES	177,554,604		
MATERIALES Y SERVICIOS	63,552,690	DISPONIBILIDAD FINAL	131,929,980
INVERSIÓN FÍSICA	427,841		
SUBSIDIOS DE CAPITAL	18,977,801		

3 PROYECTOS 2011 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.

Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro

Clave	Nombre del Proyecto
HC0851.7	Proyecto ejecutivo y materiales para el pre-tratamiento y colector de la calle Salazar al humedal de Erongarícuaro.
HC0828.4	Proyecto modelo para el manejo integral del agua en San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro.
HC0831.4	Evaluación integral (eficiencia, capacitación, seguimiento y apropiamiento) de humedales.
HC0832.4	Modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en Arócutin, San Francisco Uricho y Napízaro, Erongarícuaro.
HC0834.4	Transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades rurales en la cuenca del lago de Pátzcuaro.
HC0835.4	Coordinación técnica del programa, sistematización de la experiencia y difusión.
HC0853.4	Sustentabilidad de los OOAPAS ribereños.
RD0813.4	Instrumentación de prácticas de conservación de microcuencas.
RD0814.4	Vivero regional autosuficiente de especies forestales y no forestales.
TC0847.4	Monitoreo de la calidad del agua del lago y de las descargas.

TC0850.4	Manejo integral para el control de malezas acuáticas, especies invasoras y remoción de sedimentos en apoyo a la recuperación de especies emblemáticas y mejora de la calidad del agua del lago.
TH0819.4	Balance hídrico y capacitación en la infraestructura de monitoreo.

Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Río Apatlaco

Clave	Nombre del Proyecto
HC1026.7	Coordinación técnica del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Río Apatlaco y apoyo a la gestión de proyectos municipales.
HC1029.7	Macromedición en fuentes de abastecimiento de agua potable de la cuenca del río Apatlaco.
HC1027.7	Espacios de educación ambiental, cultura del agua y bosque, autosustentable en agua y energía.
HC1028.7	Abastecimiento mediante captación y almacenamiento de agua de lluvia en Coajomulco, Fierro del Toro y Tetecuintla.

Planes regionales

Clave	Nombre del Proyecto
TH1018.3	Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológicas administrativas.

Cambio climático

Clave	Nombre del Proyecto
CP1128.6	Vulnerabilidad social y construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático. Una propuesta con enfoque de género en Yucatán.
TC0872.4	Impacto del cambio climático en la calidad del agua.
TH0926.7	<i>Analysis of ENSO Multidecadal Variability (EMV) and an Assessment of Its Possible Future Impacts on Energy and Primary Sectors of the Mexican Economy. (28,000 USD/2009-2010)</i>
TH0927.5	Punto Nacional de Contacto Sectorial en el área de Medio Ambiente y Cambio Climático.
TH1011.7	Elaboración de documentos del proyecto río Bravo- <i>Global Environmental Facility</i> .
TH1101.1	Acciones de adaptación al cambio climático en los recursos hídricos.

Paso de la Reyna

Clave	Nombre del Proyecto
HC1146.3	Modelación de los escurrimientos del Río Verde, tramo presa Ricardo Flores Magón-desembocadura.
TC1126.3	Modelación de los escurrimientos del Río Verde, hacia el parque de Chacahua y a la zona de las lagunas de Chacahua-Pastoría.

Plan Rector para la Conservación y Manejo del Agua en la Península de Yucatán

HC1124.4	Plan Rector para la Conservación y Manejo del Agua en la Península de Yucatán. Diagnóstico e identificación de retos y problemas estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios.
----------	---

4 CATÁLOGO DE PROYECTOS (DICIEMBRE 2011)

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
CATÁLOGO DE PROYECTOS 2011 (diciembre)

Programa de Gestión Integral y Sustentable del Agua
EJES PLAN NACIONAL DE DESARROLLO: Eje 4. Sustentabilidad ambiental Eje 5. Democracia efectiva y política exterior responsable
PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (Objetivos Rectores): Objetivo 3. Promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos Objetivo 4. Mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del Sector Hidráulico
OBJETIVOS RECTORES IMTA: OR1. Contribuir a la gestión sustentable del agua a través del conocimiento, la tecnología, la formación de recursos humanos y la innovación.
Proyectos con recursos fiscales
CP1110.1 Gobernanza del agua.
CP1113.1 Orientaciones para la política hídrica en México.
HC1106.1 Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores.
HC1107.1 Atlas para el manejo de riesgos en grandes obras hidráulicas por efecto de eventos meteorológicos extremos.
RD1106.1 Manejo integrado y sustentable del agua y sus principales recursos asociados en cuencas tropicales húmedas.
RD1107.1 Uso sustentable de aguas residuales en la agricultura.
RD1108.1 Incremento de la producción agrícola mediante el control del régimen de humedad del suelo.
TH1101.1 Acciones de adaptación al cambio climático en los recursos hídricos.
TH1105.1 Indicadores de sustentabilidad hídrica.
Proyectos con ingresos propios
CP1129.3 Evaluación de la dinámica superficial de la playa seca en las zonas rehabilitadas de Cancún y Playa del Carmen, Quintana Roo.
CP1132.3 Diseño e implementación del "Módulo para el monitoreo, la evaluación y el seguimiento" del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
DP1047.3 Evaluación socioeconómica del anteproyecto de derivación del ARCT al Sistema Morelos de la ciudad de Ensenada, Baja California.
DP1134.3 Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua 2011.
DP1142.4 Segundo año de apoyo al PCAyS de la ONU (Programa Conjunto de Agua y Saneamiento en nueve municipios de Chiapas, Tabasco y Veracruz).
HC0828.4 Proyecto modelo para el manejo integral del agua en San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzironáro.
HC0831.4 Evaluación integral (eficiencia, capacitación, seguimiento y apropiamiento) de humedales.
HC0834.4 Transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades rurales en la cuenca del lago de Pátzcuaro.
HC0851.7 Proyecto ejecutivo y materiales para el pretratamiento y colector de la calle Salazar al humedal de Erongarícuaro.
HC0853.4 Sustentabilidad de los OOPAS ribereños.

HC0930.3 Plan para la recuperación ambiental de la laguna de Bojórquez.
HC1022.3 Manejo integral del agua del albergue escolar indígena de Choguita, Bocoyna, en el estado de Chihuahua.
HC1026.7 Coordinación Técnica del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Río Apatlaco y apoyo a la gestión de proyectos municipales.
HC1029.7 Macromedición en fuentes de abastecimiento de agua potable de la cuenca del río Apatlaco.
HC1035.3 Estudio y proyecto para el mejoramiento y la consolidación de la sectorización del sistema de agua potable.
HC1036.3 Proyectos para el Jobo y Copoya, y derivación a la reliquia del Sistema de Agua Potable de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
HC1116.3 Dar apoyo y supervisión en el mejoramiento de la medición en infraestructura hidroagrícola: obras de toma de presas de almacenamiento, canales y pozos agrícolas en los distritos de riego.
HC1117.3 Programa de elaboración de proyectos ejecutivos para la ejecución del Programa de Instalación de Medidores en las Fuentes de Abastecimiento.
HC1118.4 Plan estratégico de la recuperación de la barranca de Amanalco, diagnóstico ambiental e identificación de problemas, estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios.
HC1122.3 Transferencia de tecnologías apropiadas en materia de agua en comunidades rurales con rezago social en San Luis Potosí.
HC1123.3 Implementar tecnologías para el tratamiento de agua de lluvia a fin de complementar el abastecimiento de agua para uso y consumo humano, incluye interconexión de tres ollas de agua.
HC1124.4 Plan Rector para la Conservación y Manejo del Agua en la Península de Yucatán. Diagnóstico e identificación de retos y problemas estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios.
HC1129.3 Estudio socioeconómico para la reestructuración tarifaria de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento del estado de Querétaro.
HC1130.3 Elaboración de los proyectos ejecutivos para el manejo sustentable del agua en los Tecnológicos Milpa Alta, Tláhuac I, Tláhuac II y Gustavo A. Madero, ubicados en el Distrito Federal.
HC1133.3 Estudio simplificado de la situación del Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Xicotepc de Juárez, Puebla.
HC1134.3 Proyecto de sectorización de la red de agua potable de Xicotepc de Juárez, Puebla.
HC1135.3 Estudio de diagnóstico y planeación integral de la Junta de Aguas y Drenaje de la ciudad de Matamoros, Tamaulipas.
HC1136.3 Estudio simplificado de la situación de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, Chihuahua.
HC1146.3 Modelación de los escurrimientos del Río Verde, tramo presa Ricardo Flores Magón-desembocadura.
RD0813.4 Instrumentación de prácticas de conservación de microcuencas.
RD0927.3 Nivelación de precisión a lo largo de circuitos dentro de la zona con hundimientos del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California.
RD0928.3 Proyecto ejecutivo para la modernización integral del riego en el módulo de riego V-II, del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa.
RD1008.3 Tratamiento de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata en un humedal artificial de flujo intermitente.
RD1015.3 Aprovechamiento de las aguas residuales del ingenio Plan de San Luis en un humedal artificial de flujo intermitente.
RD1023.4 Actualización del inventario de infraestructura concesionada y seguimiento a la transferencia de tecnología en información hidroagrícola del Distrito de Riego 023, San Juan del

Río, Querétaro.
RD1024.2 Alternativas de acciones de sustentabilidad del agua en las porciones media y baja de la cuenca del río Mezquital-San Pedro, y capacitación a integrantes del consejo de cuenca.
RD1111.3 Consolidar la organización de la sociedad de responsabilidad limitada Sociedad de Asociaciones de Riego de Canatlán.
RD1118.3 Elaboración del Plan Hídrico de Gran Visión en la cuenca de los ríos Amecameca y La Compañía, Estado de México.
RD1119.3 Elaboración de planes directores para unidades de riego de pozos agrícolas localizados en los municipios de Pánuco de Coronado y Guadalupe Victoria, Durango, correspondiente al acuífero Madero-Victoria en el estado de Durango.
RD1122.3 Reglamentar la operación y elaborar Plan Director de dos grupos de unidades de riego; uno en Fresnillo y otro en Guadalupe, en el estado de Zacatecas, con la metodología de este órgano administrativo desconcentrado.
RD1123.3 Reglamentar la operación y elaborar el Plan Director para rehabilitar y modernizar un grupo de unidades de riego de pozos profundos del Valle de Palestina, estado de Durango.
RD1124.3 Diagnóstico y propuesta de modernización en las áreas de riego Labores Viejas de Camargo y San Francisco de Conchos, Chihuahua.
RD1125.3 Actualizar y dar mantenimiento al sistema gerencial de estadísticas agrícolas e hidrométricas de los distritos de riego denominados SISTAG-CNA.
RD1133.3 Reglamentar la operación y elaborar el Plan Director de un grupo de unidades de riego en el estado de Aguascalientes.
RD1134.3 Reglamentar la operación y elaborar el Plan Director para rehabilitar y modernizar un grupo de unidades de riego de pozos profundos del acuífero Valle del Guadiana, estado de Durango.
RD1136.3 Promoción para la organización empresarial en unidades de riego en la Unidad de Riego El Teopari, A. C., municipio de Ures, Sonora.
RD1137.3 Promoción para la organización empresarial en unidades de riego en la Asociación de Productores Agropecuarios de la Unidad de Riego Los Becos, A. C., municipio de Mocorito, Sinaloa.
TC0847.4 Monitoreo de la calidad del agua del lago y de las descargas.
TC0850.4 Manejo integral para el control de malezas acuáticas, especies invasoras y remoción de sedimentos en apoyo a la recuperación de especies emblemáticas y mejora de la calidad del agua del lago.
TC1036.3 Actualización del estudio de calidad del agua del río Santiago (desde su nacimiento en el lago de Chapala, hasta la presa Santa Rosa).
TC1037.3 Elaboración de las bases de diseño para la remodelación del tratamiento primario de las aguas residuales aceitosas en la refinería Gral. Lázaro Cárdenas, Minatitlán, Veracruz.
TC1114.3 Actividades de seguimiento ambiental derivadas de la realización del proyecto de restauración de Playas en Cancún y Playa del Carmen, Quintana Roo.
TC1123.3 Estudio y asistencia técnica para la licitación e instalación de siete plantas potabilizadoras para remoción de arsénico en Torreón, Coahuila.
TC1124.3 Asistencia técnica para la licitación e instalación de plantas potabilizadoras para remoción de arsénico en Gómez Palacio, Durango.
TC1126.3 Modelación de los escurrimientos del Río Verde, hacia el parque de Chacahua y a la zona de las lagunas de Chacahua-Pastoría.
TC1127.1 Monitoreo de playas prioritarias, 2011.
TC1130.3 Diagnóstico sobre infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento para las cuencas de los ríos Amecameca y La Compañía, Estado de México.
TC1133.3 Elaboración de proyectos constructivos de la Planta de Tratamiento del Parque Bicentenario de la Ciudad de México, para tratar las aguas residuales con calidad de riego de áreas verdes.

TC1134.6 Inventario y programa de manejo integral para la conservación de los humedales del Soconusco a través de su delimitación, caracterización ecológica, hidrológica, social y grado de riesgo.
TC1135.3 Asesoría técnica durante la ejecución de las obras a realizar para el uso sustentable del agua en la Residencia Oficial de Los Pinos.
TC1136.3 Auditorías del manejo y calidad del agua de las seis refinerías.
TH0819.4 Balance hídrico y capacitación en la infraestructura de monitoreo.
TH1011.7 Elaboración de documentos del proyecto Río Bravo-Global Environmental Facility.
TH1018.3 Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológicas-administrativas.
TH1027.3 Análisis de alternativas para el manejo del agua superficial en la cuenca del río Santiago, primera etapa.
TH1108.3 Estudio para el monitoreo, conservación y manejo de los recursos naturales: primera parte de estudio hidrológico del Valle de Vizcaíno: modelo conceptual y análisis piezométrico, acuífero Vizcaíno, Baja California Sur.
TH1117.3 Validación del programa de actividades de MICARE.
TH1118.6 Métodos alternativos para calcular la recarga en acuíferos poco explotados, utilizando imágenes de satélite, mediciones in situ y modelos digitales: cálculo de la evapotranspiración.
TH1119.3 Revisión anual 2011 de los aspectos técnicos de los incisos c) e i) de la Cláusula Sexta de Compromisos de las Partes del Convenio de Coordinación y Concertación que celebraron el Ejecutivo Federal y los Ejecutivos de los Estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, y los representantes de los usuarios de los usos público urbano, pecuario, agrícola, industrial, acuícola y servicios para llevar a cabo el Programa sobre la Disponibilidad, Distribución y Usos de las Aguas Superficiales de Propiedad Nacional del área geográfica Lerma-Chapala.
TH1120.3 Evaluación técnico-económica de tecnologías de remoción de cromo y determinación de parámetros de transporte para remediación del acuífero Cuautitlán-Pachuca.
TH1122.3 Actualización de información estadística del BANDAS (para años 2007, 2008 y 2009).
TH1128.3 Actualización del sistema de información geográfica de cantidad del agua e información ambiental en la costa del Pacífico que comprende las subregiones hidrológicas Costa de Jalisco, Armería-Coahuayana, Costa de Michoacán, Costa Grande de Guerrero, Costa Chica de Guerrero, Costa de Oaxaca, Tehuantepec y Costa de Chiapas.

Programa de Fortalecimiento de la Cultura del Agua
EJES PLAN NACIONAL DE DESARROLLO: Eje 2. Economía competitiva y generadora de empleos Eje 4. Sustentabilidad ambiental
PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (Objetivos Rectores): Objetivo 5. Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso Objetivo 8. Crear una cultura contributiva y de cumplimiento a la Ley de Aguas Nacionales en materia administrativa
OBJETIVOS RECTORES IMTA: OR2. Incorporar al sector hídrico en la sociedad del conocimiento.
Proyectos con recursos fiscales
CP1103.1 Actividades de la Cátedra UNESCO-IMTA <i>El Agua en la Sociedad del Conocimiento</i> en 2011.
CP1104.1 Producción de material audiovisual para la disseminación del conocimiento del agua del IMTA.
CP1105.1 Programa Editorial del IMTA.
CP1106.1 Diseño y producción gráfica del IMTA.
CP1107.1 Programa de comunicación organizacional.
CP1108.1 Operación del auditorio del IMTA José Antonio Maza Álvarez.
CP1109.1 Edición de la revista <i>Tecnología y Ciencias del Agua</i> .
CP1111.1 Servicios de adquisición y proceso técnico de material documental para el IMTA.
CP1112.1 Servicios de consulta a bases de datos.
DP1120.1 Metodología para la formación de educadores ambientales y producción de materiales didácticos.
DP1130.1 Normalización, certificación y evaluación de competencias laborales en el sector agua.
DP1140.1 Estudio sobre la situación y el desarrollo del subsector ciencia y tecnología del sector hídrico en México.
HC1103.1 Red de institutos nacionales iberoamericanos de ingeniería e investigación hidráulica.
HC1105.1 Evaluación de filtros biológicos de arena como sistemas de desinfección unifamiliares en comunidades rurales.
TH1104.1 Coordinación del Comité Nacional Mexicano del Programa Hidrológico Internacional.
Proyectos con ingresos propios
CP0719.7 ANTINOMOS.
CP0925.4 <i>Vital and Viable Services for Natural Resource Management in Latin America</i> .
CP1126.4 Asistencia técnica para la introducción de tecnologías apropiadas de saneamiento en la operación del Programa Hábitat-SEDESOL de la Secretaría de Desarrollo Social.
DP1135.3 Formación del Centro de Evaluación (CE) de Competencias Laborales en la CEA-BC.
HC0835.4 Coordinación técnica del programa, sistematización de la experiencia y difusión.
HC1027.7 Espacios de educación ambiental, cultura del agua y bosque, autosustentable en agua y energía.

TC0872.7 Impacto del cambio climático en la calidad del agua.
TC1018.4 Colaboración técnica con la UPEMOR en el tratamiento de lixiviados procedentes del cultivo de jitomate hidropónico para su integración a la solución nutritiva.
TH0927.5 Postularse como Punto Nacional de Contacto Sectorial en el área de Medio Ambiente y Cambio Climático.
TH1022.7 Desarrollo e implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad con base en la norma ISO 9001:2008, para la operación de las estaciones agroclimáticas de las Fundaciones Produce a nivel nacional.
TH1113.3 Organización del Tercer Seminario de Potamología José Antonio Maza Álvarez.
TH1114.2 Seguimiento y promoción para la actualización del sitio web del Servicio Meteorológico Nacional.
TH1115.6 Servicios menores para la red de Desastres Hidrometeorológicos y Climáticos.

Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Hídrico
EJES PLAN NACIONAL DE DESARROLLO: Eje 2. Economía competitiva y generadora de empleos Eje 3. Igualdad de oportunidades Eje 4. Sustentabilidad ambiental
PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (Objetivos Rectores): Objetivo 1. Mejorar la productividad del agua en el Sector Agrícola Objetivo 2. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento Objetivo 6. Prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos
OBJETIVOS RECTORES IMTA: OR3. Crear un alto valor agregado para las instituciones del sector hídrico mediante el conocimiento, la creación y adaptación de tecnologías y el suministro de servicios tecnológicos altamente especializados
Proyectos con recursos fiscales
HC1104.1 Evaluación de dos técnicas emergentes para medir la velocidad del agua en canales y ríos.
HC1108.1 Anteproyecto y proyecto ejecutivo para un banco de pruebas para caracterización de equipos de bombeo.
HC1109.1 Simulación física y matemática del flujo en vertederos escalonados.
RD1102.1 Desarrollo de tecnología de operación de módulos de riego de asociaciones civiles de usuarios(continuación del ICAM-RIEGO).
RD1103.1 Desarrollo de tecnología de operación de módulos de riego de asociaciones civiles de usuarios (continuidad de tecnología de mecatrónica).
RD1104.1 Desarrollo de tecnología de operación de módulos de riego de asociaciones civiles de usuarios (continuidad en equipos de medición).
RD1105.1 Estado del arte sobre operación y mantenimiento de redes entubadas de riego.
RD1109.1 Tecnologías para el uso racional y eficiente del riego parcelario.
TC1102.1 Identificación de compuestos orgánicos emergentes: desarrollo e implementación de metodologías para análisis de compuestos por cromatografía de líquidos o gases.
TC1103.1 Análisis de expresión genética por PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>) en embriones del pez cebra (organismo blanco) para identificar efectos tóxicos por compuestos orgánicos emergentes y detección de enterobacterias: un enfoque potencial para evaluar el efecto de contaminantes en tiempos menores a los de las metodologías convencionales.
TC1104.1 Residuos de tratamiento de emergentes: remoción de contaminantes emergentes de importancia sanitaria y ambiental; disminución del impacto sanitario y ambiental de los desechos generados.
TC1105.1 Herramientas biológicas para el análisis de toxicidad y detección de efectos asociados a contaminantes, en sistemas acuáticos epicontinentales, costeros y aguas de uso antropogénico. Desarrollo, adaptación y calibración de tecnologías.
TC1106.1 Reúso de agua residual tratada en acuicultura de ornato.
TC1107.1 Vermifiltración para tratamiento de aguas residuales industriales y municipales.
TC1108.1 Análisis técnico y económico de tecnologías para remoción de fluoruros.
TH1103.1 Pronóstico meteorológico e hidrológico incluyendo la relación océano-atmósfera.
Proyectos con ingresos propios
CP1128.6 Vulnerabilidad social y construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático. Una propuesta con enfoque de género en Yucatán.

HC0832.4 Modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en Arócutin, San Francisco Uricho y Napízaro, Erongarícuaro.
HC1028.7 Abastecimiento mediante captación y almacenamiento de agua de lluvia en Coajomulco, Fierro del Toro y Tetecuintla.
HC1053.3 Estudio en modelo físico del funcionamiento hidráulico del vertedor de la presa de almacenamiento Zapotillo, en el Río Verde, Vahualica de González Gallo, Jalisco.
HC1147.3 Estudio en modelo físico del vertedor de la presa de almacenamiento los Naranjos, Sinaloa.
HC1148.3 Estudio de medición y control, mediante la evaluación de la instrumentación instalada para el monitoreo estructural en 12 presas de utilidad hidroagrícola.
RD0814.4 Vivero regional autosuficiente de especies forestales y no forestales.
RD0929.3 Establecimiento y evaluación de módulos demostrativos con sistemas de riego y drenaje modernos en la margen derecha del río Santiago.
RD1120.6 Métodos alternativos para calcular la recarga en acuíferos poco explotados, utilizando imágenes de satélite, mediciones in situ y modelos digitales.
RD1126.3 Transferencia de tecnología de riego en el predio Zitihualt, municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas; en el predio Ranchería Santana, primera sección, municipio de Cárdenas, Tabasco, y en el predio El Hulefante, municipio de Las Choapas, estado de Veracruz.
RD1127.3 Transferencia de tecnología de drenaje, en el predio Zitihualt, municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas, y La Herradura, municipio de Palenque, Chiapas.
RD1128.3 Transferencia de tecnología en prácticas de conservación, en el predio Zitihualt, municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas; en el predio "La Herradura", municipio de Palenque, Chiapas; y en el predio "Ranchería Santana", primera sección, municipio de Cárdenas, Tabasco, y en el predio El Hulefante, municipio de Las Choapas, estado de Veracruz.
TC0817.6 Diseño y pruebas de funcionamiento de una planta potabilizadora demostrativa unifamiliar o comunitaria para la comunidad de Santana, Guanajuato.
TC0838.7 <i>Investigation of the Impact of Arundo donax in Mexico and Evaluation of Candidate Biological Control Agents.</i>
TC0873.6 Ahorro de agua mediante recuperación de purgas en torres de enfriamiento, a través de la eliminación de microorganismos, sílice y otras especies químicas.
TC0920.4 Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas, IMTA-CRIQ.
TC1021.3 Asesoría para la puesta en marcha y evaluación del sistema de vermicomposteo en la planta de Chapala, Jalisco.
TC1041.5 Recuperación de purgas provenientes de torres de enfriamiento, sistemas de generación de vapor y UDAS, propuesta para PEMEX gas.
TC1042.3 Determinación del gasto ecológico mediante la aplicación de la metodología IHA-RVN, para el estudio de sustentabilidad del <i>Proyecto Hidroeléctrico Madera</i> , Chihuahua.
TC1109.4 Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.
TC1120.3 Puesta en marcha de un laboratorio de control biológico de malezas acuáticas y transferencia de biotecnología para el control biológico del lirio acuático.
TC1121.3 Evaluación técnico-económica de tecnologías de remoción de cromo como métodos para remediación del acuífero Cuautitlan-Pachuca.
TC1128.1 Estudio de calidad del agua de las subdivisiones del cuerpo de agua de la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima.
TC1132.3 Evaluación del consumo de agua y calidad de efluentes generados durante el proceso de nixtamalización tradicional y su comparativo con el proceso MASECA.
TH0926.7 <i>Analysis of ENSO Multidecadal Variability (EMV) and an Assessment of Its Possible Future Impacts on Energy and Primary Sectors of the Mexican Economy.</i>
TH0932.5 Investigación hidrogeoquímica del arsénico en el sistema acuífero de la Comarca Lagunera
TH1009.7 Transferencia de tecnología para la aplicación de la información de las estaciones

agroclimáticas y consolidación de la red estatal.
TH1010.4 Establecimiento de la red de estaciones agroclimatológicas en las principales regiones agropecuarias del estado de Morelos (operación, mantenimiento y calibración de redes de estaciones agroclimatológicas).
TH1020.3 Análisis de sedimentos, futuros sedimentos y suelos en la zona de influencia del proyecto <i>Presa y sistema bombeo Purgatorio-Arcediano</i> , estado de Jalisco.
TH1023.3 Caracterización y evaluación de la posible contaminación de las aguas subterráneas por el riego con mezcla de vinaza y aguas subterráneas en la zona de la Galarza, Izúcar de Matamoros, Puebla.
TH1026.3 Automatización del sistema de alerta temprana para frentes fríos y nortes.
TH1112.6 Métodos alternativos para calcular la recarga en acuíferos poco explotados, utilizando imágenes de satélite, mediciones in situ y modelos digitales.
TH1125.3 Exploración geofísica mediante sondeos electromagnéticos y caracterización isotópica en Sierra Azul y Estación Terrazas, Chihuahua.
TH1126.3 Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México, y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes.

Programa de Formación de Recursos Humanos
EJES PLAN NACIONAL DE DESARROLLO: Eje 2. Economía competitiva y generadora de empleos Eje 3. Igualdad de oportunidades Eje 4. Sustentabilidad ambiental
PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (Objetivos Rectores): Objetivo 4. Mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del Sector Hidráulico
OBJETIVOS RECTORES IMTA: OR4. Impulsar el desarrollo de la ciencia y la tecnología del agua, muy en especial mediante la formación de personal altamente capacitado, a nivel especialización y posgrado.
Proyectos con recursos fiscales
DP1110.1 Apoyo a la operación y fortalecimiento de posgrados en Ciencias del Agua, en los que participa el IMTA.
DP1111.1 Diseño y operación de un modelo de educación a distancia.
HC1102.1 Posgrado conjunto IMTA-UNAM.
Proyectos con ingresos propios
DP1114.7 Programa de Educación, Capacitación y Concientización Ambiental Municipal (Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan, Erongarícuaro y Huiramba).
DP1119.3 Sistema de Capacitación a Distancia <i>e-Learning</i> 2011.
DP1132.3 Segunda fase de la instrumentación del Programa de Capacitación y Certificación de las Competencias Laborales del personal para la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Tabasco (CEAS-Tabasco) 2011.
DP1150.3 Evaluación técnica de los sistemas de agua potable y residual, y fortalecimiento de capacidades promovido por la COCEF para los municipios de Naco, Agua Prieta, Magdalena de Kino, Nacozari de García y Cananea, para la región fronteriza de Sonora 2011.
DP1151.3 Incrementar la capacitación y formación de los recursos humanos de la Comisión Nacional del Agua a nivel nacional.
RD1020.3 Capacitación presencial y asistida a la unidad de riego en la promoción de la empresarialidad de las unidades de riego, mediante la implantación del modelo de desarrollo humano integrador y la metodología del desarrollo integral.
TC1138.4 Segunda edición del Curso Internacional de Sistemas Naturales de Tratamiento de Aguas y Lodos Residuales, su Reúso y Aprovechamiento.
TH0534.5 Maestría y doctorado en Hidrometeorología y Meteorología Operativa, del Posgrado en Ciencias del Agua.
TH1111.4 Diplomado en Hidrometeorología.