

# AUTOEVALUACIÓN CRÍTICA



# AUTOEVALUACIÓN CRÍTICA

Primer Semestre  
2012

Junta de Gobierno

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua



---

# CONTENIDO

---

Presentación	7
<hr/>	
Principales resultados	9
<hr/>	
1.1 Investigación, desarrollo tecnológico e innovación	9
1.2 Asesoría y servicios tecnológicos	29
1.3 Formación de recursos humanos	55
1.4 Promoción y difusión del conocimiento	61
1.5 Otras actividades relevantes	66
1.6 Premios y distinciones	68
<hr/>	
Anexos	67
1 Patentes	69
2 Vinculación con centros de investigación y desarrollo tecnológico	71
3 Catálogo de proyectos en desarrollo durante 2012 (junio)	72



---

# PRESENTACIÓN

---

**E**l primer semestre de 2012, correspondiente al último año de la presente administración, es crucial para la conclusión de los programas, alcanzar las metas de los proyectos programados y ejecutar una adecuada rendición de cuentas. No obstante que el periodo de trabajo tiende a reducirse debido a los ciclos de cierre de la administración, en el presente volumen “Informe de Autoevaluación Crítica al Primer Semestre de 2012” se da cuenta de los avances y principales resultados alcanzados hasta ahora, mismos que reflejan el esfuerzo realizado por una institución fuerte, dinámica y consolidada.

En las páginas siguientes podrá el lector advertir que hay una serie de proyectos de investigación que responden de manera proactiva a algunos de los problemas cruciales que enfrenta nuestro país en materia de agua: Formulación de un programa de manejo de sequías en las regiones del norte del país; Estado del arte de la ingeniería climática; Estado del arte de la remediación de acuíferos sobreexplotados; Desarrollo de metodologías de laboratorio para detección de contaminantes emergentes y su identificación en cuerpos de agua y en aguas residuales; Análisis técnico y económico de tecnologías para remoción de fluoruros y evaluación de riesgos a la salud; y Adaptación de humedales costeros del golfo de México ante los impactos del cambio climático con apoyo del *Global Environment Facility* (GEF), entre otros.

Durante los últimos años el Instituto se ha transformado y ha establecido los fundamentos para un desarrollo institucional acorde con los retos y necesidades del México actual y una perspectiva de planeación al año 2030.

En cada uno de los colaboradores del Instituto se encuentra presente la convicción de la importancia de su labor y de su compromiso para que, mediante la creación de conocimiento original, la innovación y el desarrollo tecnológico, nuestra sociedad alcance cada vez un mejor nivel de vida.



---

# PRINCIPALES RESULTADOS

---

## I.1

### INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

---

#### Formulación de un programa de manejo en las regiones del norte del país, ante la posibilidad de situaciones de sequía

---

A lo largo de la historia amplias regiones del norte de nuestro país han padecido los efectos de la sequía. En la actualidad se vive una de las más severas de las que se tenga registro.

Con el fin de minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía, el IMTA desarrolla un proyecto de investigación para establecer un sistema de indicadores hidrológicos que permita prever estas situaciones y sirva de referencia para la declaración de situaciones de alerta de sequía, incluyendo las reglas de explotación de los sistemas y las medidas aplicables en relación con el uso del agua.

La primera parte del proyecto es la emisión de pronósticos climáticos para la temperatura y precipitación mensual, lo cual se realiza mediante el modelo de circulación general conocido como Sistema de Pronóstico Climático (CFS, por sus siglas en inglés). Dicho modelo emite pronósticos para las

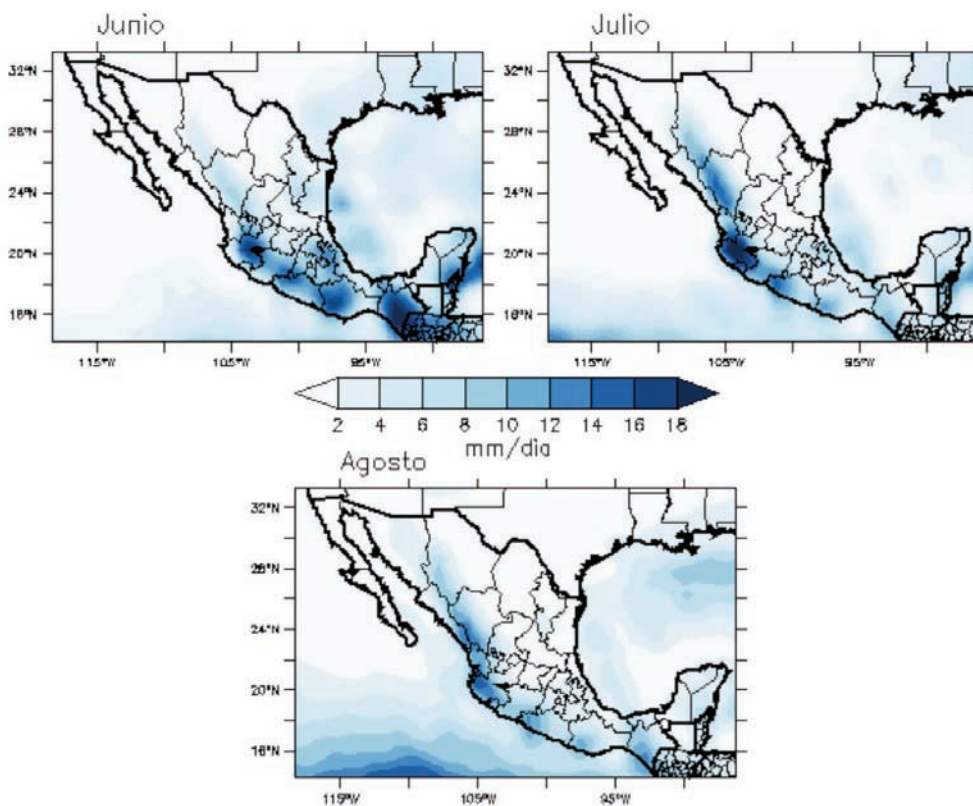
variables de precipitación y temperatura máxima y mínima, entre otras.

Posteriormente, con los datos climáticos generados por el modelo, se procederá a calcular el índice estandarizado de precipitación (SPI, por sus siglas en inglés), para apoyar un sistema de monitoreo. Con estos elementos, se formulará un programa de manejo de sequías para la cuenca del río Conchos como caso de estudio que permita proponer una gestión integrada del agua para mitigar los efectos negativos provocados por sequía en esa región del país, con una componente de prospectiva climática que incluya medidas de mitigación de la sequía con agua subterránea y la formulación de políticas de operación conjunta presa-acuífero.

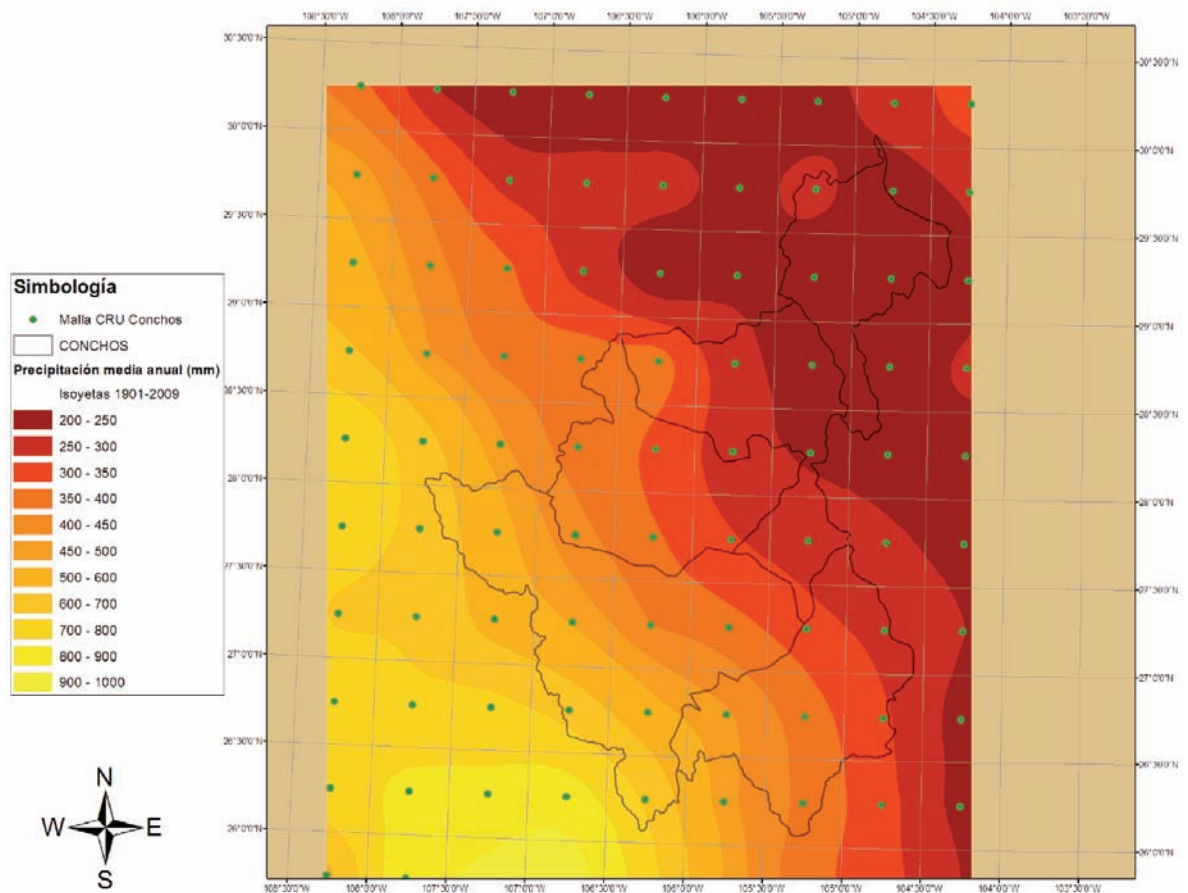
Los objetivos del proyecto incluyen la definición de mecanismos para prevenir y detectar situaciones

de sequía, fijar umbrales para la determinación del nivel de gravedad de la sequía, definir las medidas para conseguir objetivos específicos en cada fase de la sequía, y asegurar la transparencia y participación pública en el desarrollo del programa.

A la fecha, se han tenido avances en la revisión bibliográfica y análisis de la sequía ocurrida en 1993 y 2011 en México, la recopilación de información cartográfica y de infraestructura hidráulica existente de la región en estudio y la búsqueda de un modelo de circulación general que emita pronóstico de precipitación y temperatura hasta de nueve meses. Además, se recopiló y analizó la información de disponibilidad de los acuíferos de la cuenca del río Conchos y, en la parte correspondiente a la gestión del agua, se revisó el estado del arte de los modelos de gestión, seleccionado el modelo *Riverware* como el más conveniente.



Pronóstico de precipitación (mm/día) para junio, julio y agosto de 2012, calculada por el modelo CFS con datos publicados el 5 de mayo de 2012. En la figura se puede observar que el modelo simula las precipitaciones generadas por el monzón de Norteamérica, así como precipitación en el sur asociada a la presencia de la zona de convergencia intertropical.



Mapa de isoyetas de la cuenca del río Conchos (1901-2009).

Un programa de manejo de sequía debe plantear tanto las medidas de pronóstico del fenómeno como su monitoreo, la manera de comunicar a la sociedad y al gobierno su ocurrencia y severidad y, finalmente, el conjunto de medidas de adaptación pertinentes.

Este programa trata de definir la organización de los medios humanos y técnicos de las diversas instancias de gobierno, su interrelación con los usuarios y público en general afectado por estas situaciones y las intervenciones, tanto de carácter administrativo como las estructurales de emergencia y las de gestión de la demanda. El proyecto formulará una metodología que pueda ser tomada como modelo para replicarse en las diversas regiones del norte del país afectadas por sequía.

---

## Corrección estadística (*Model Output Statistics*) del pronóstico atmosférico del modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*)

---

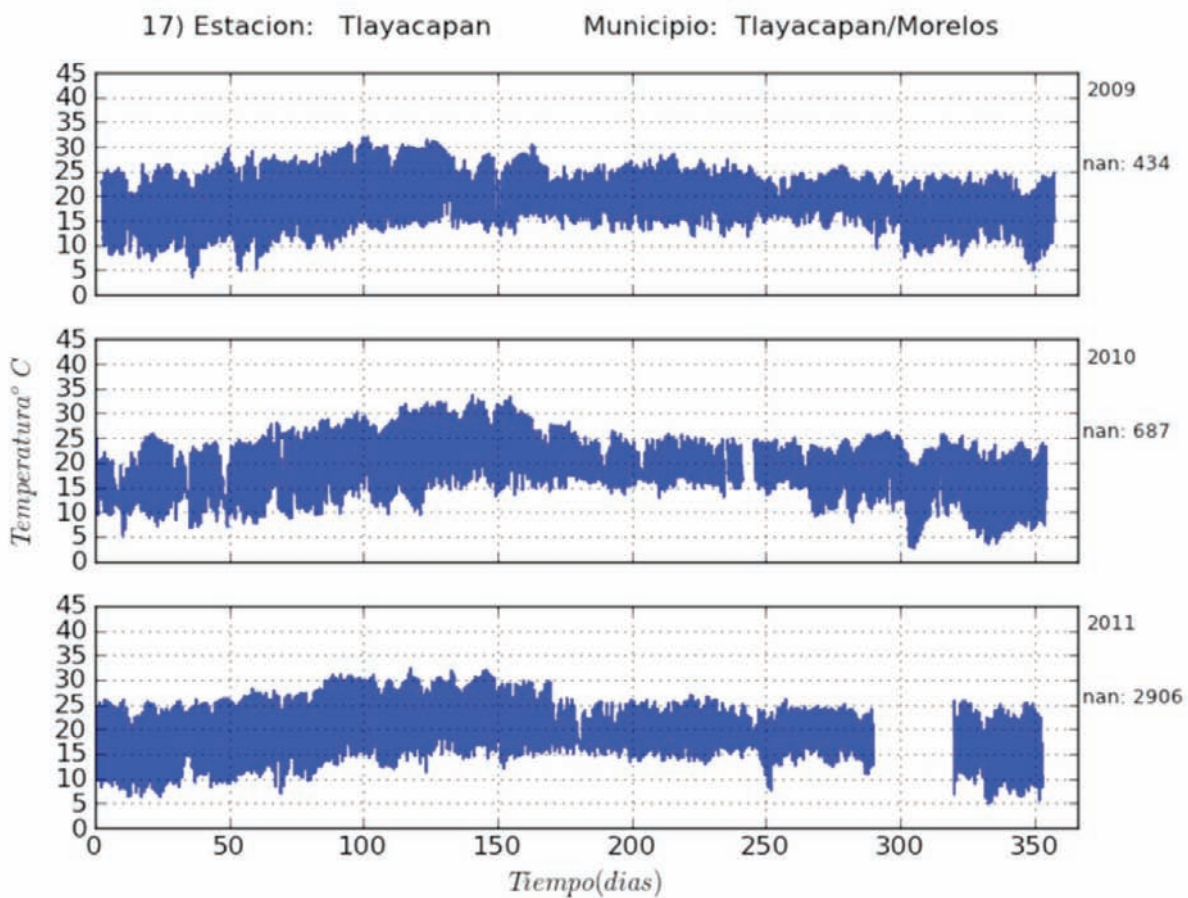
El pronóstico meteorológico es uno de los servicios que brinda el IMTA desde 1999. Dada la complejidad en los pronósticos meteorológicos, es necesario mejorar y revisar continuamente sus resulta-

dos. Por esta razón, desde los primeros experimentos de modelación numérica se ha trabajado en distintas líneas para mejorar los resultados del pronóstico.

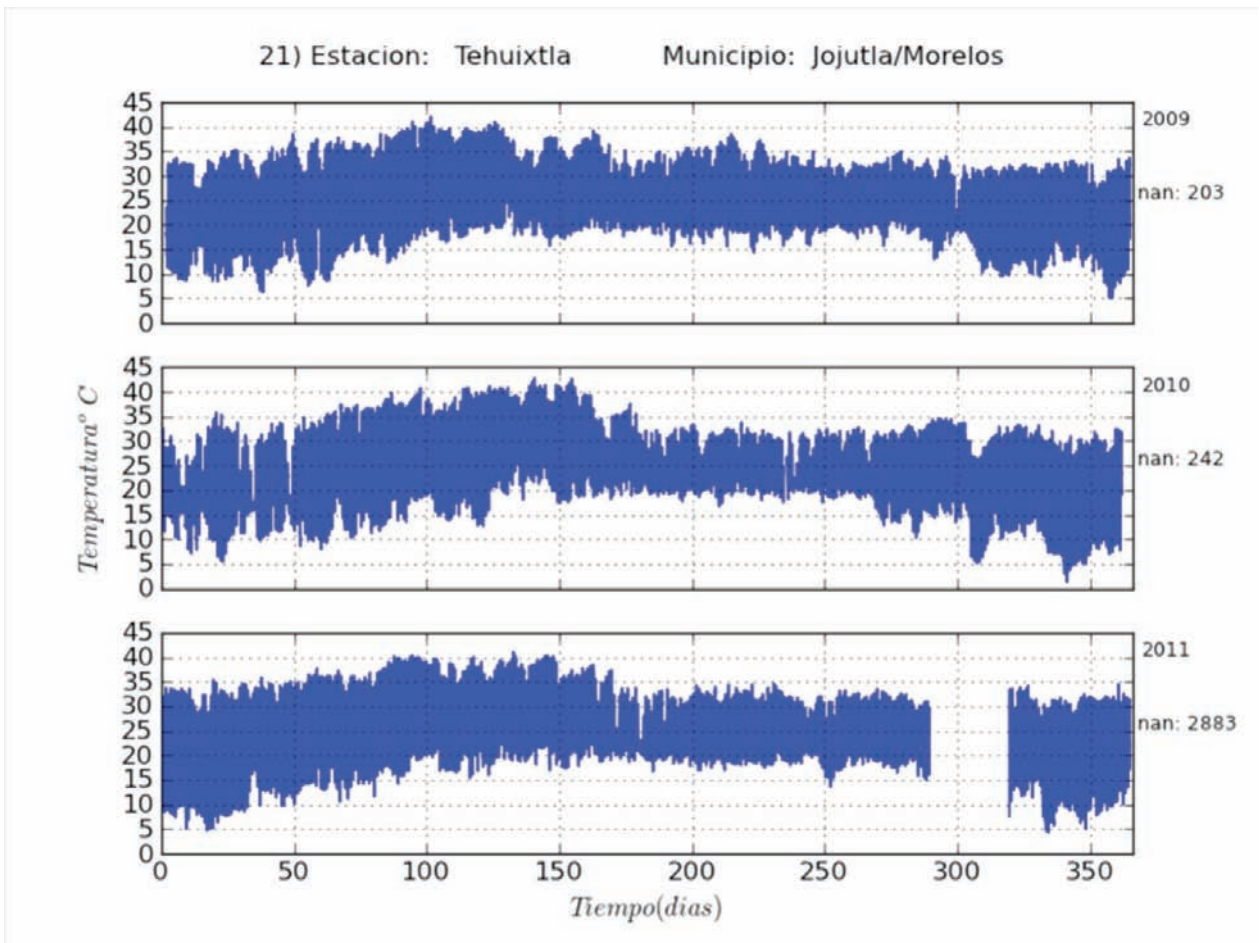
Los métodos de pronóstico meteorológico están comprendidos en una de las siguientes categorías: dinámicos, estadísticos y estocásticos. Actualmente, el IMTA utiliza métodos dinámicos en el pronóstico meteorológico a tres días, usando un ensamble de seis parametrizaciones de esquemas de nubes cúmulus: Kain-Fritsch, Betts-Miller-Ja-

nic, Grell-Devenyi, Grell 3d, Arakawa y Old Kain-Fritsch.

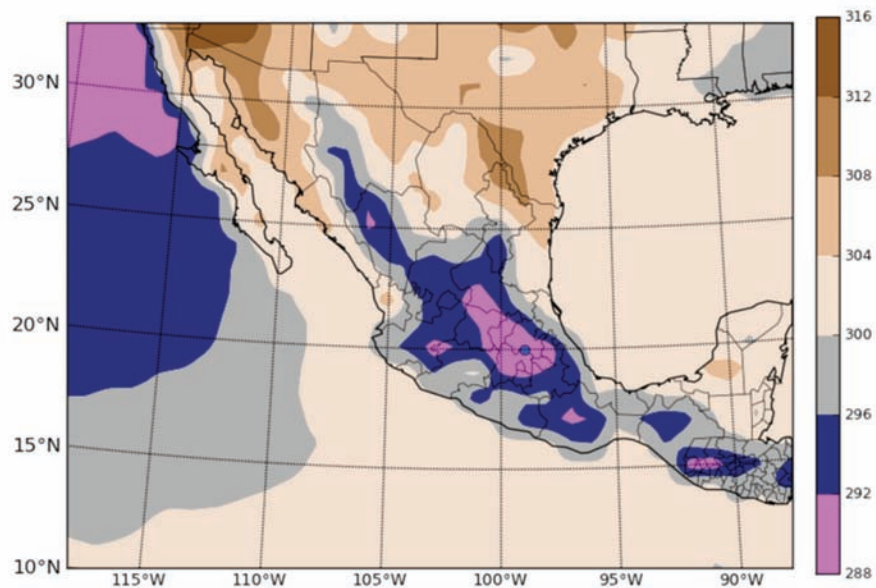
Con la intención de mejorar el pronóstico (ensamble) ofrecido por el IMTA, se está trabajando en la codificación de herramientas estadísticas mediante la corrección estadística de las salidas de los modelos (MOS, por sus siglas en inglés) para corregir dicho pronóstico. A la fecha, se ha hecho una recopilación de mediciones de estaciones meteorológicas y se está ejecutando el modelo WRF para obtener datos históricos del modelo.



Serie temporal de temperatura de la estación de Tlayacapan, Morelos, para los años 2009, 2010 y 2011. La leyenda NaN (acrónimo en inglés de Not a Number) indica el número de datos no registrados apropiadamente por el equipo. El mes continuo de datos NaN en 2011 se debe al mantenimiento realizado al equipo.



Serie temporal de temperatura de la estación de Tehuixtla, Morelos, para los años 2009, 2010 y 2011. La leyenda NaN (acrónimo en inglés de *Not a Number*) indica el número de datos no registrados apropiadamente por el equipo. El mes continuo de datos NaN en 2011 se debe al mantenimiento realizado al equipo.



Campo de temperatura a 2 m obtenida del modelo WRF. La escala de colores muestra la temperatura en kelvin.

# Actualización de escenarios de cambio climático para México, como componente de los productos de la Quinta Comunicación Nacional

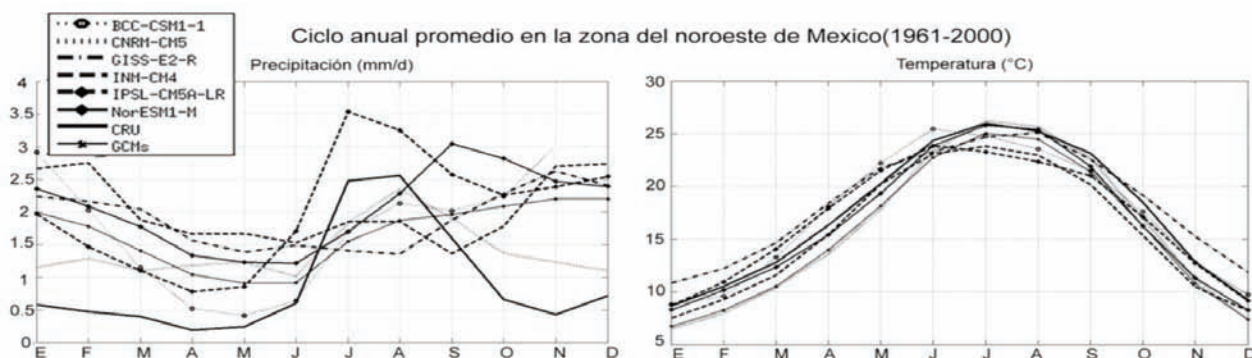
La Quinta Comunicación Nacional es un documento que tiene entre sus objetivos fortalecer las capacidades institucionales y técnicas de México relacionadas con el cambio climático y el desarrollo sustentable, tanto a escala nacional como sectorial. Se llevará a cabo en México, a finales de 2012, y en ella se presentarán estudios que contienen los avances de nuestro país en los temas: 1) inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, 2) escenarios de emisiones y medidas de mitigación y 3) vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

La publicación es financiada por el Fondo Mundial para el Desarrollo de las Naciones Unidas y ha sido diseñada y ejecutada por la Coordinación del Programa

de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología (INE). Con ella, México se convierte en el primer país No Anexo I del Protocolo de Kyoto en cumplir con cinco documentos de este tipo, a escala global.

Las ciencias atmosféricas han desarrollado conocimientos y herramientas de análisis como los modelos numéricos de circulación general (MCG), los cuales reproducen la dinámica atmosférica global y estiman los posibles cambios en el clima global en las décadas futuras ante los forzamientos debidos a los gases de efecto invernadero. Estas herramientas, aplicadas en forma acoplada con modelos de océano, son una aproximación a los posibles escenarios climáticos. Los grandes centros de pronóstico del clima mundiales se han coordinado para aportar información y conocimiento sustentado para la mejor toma de decisiones de amplios sectores gubernamentales internacionales, nacionales, estatales y municipales.

Para responder algunas de las interrogantes científicas asociadas al cambio climático global y exploradas en el cuarto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), bajo el patrocinio del Programa de Investigación del Clima Mundial se generó (*Proyecto de intercomparación de modelos acoplados, fase 5, CMIP5*, por sus siglas en inglés), cuyos resultados fueron producidos y publicados por centros internacionales de modelación del clima.



Ciclo anual de precipitación y temperatura de la región noroeste de la república mexicana para el periodo 1961-2000.



Diagrama de flujo para la regionalización estadística con el método REA de escenarios de cambio climático para la república mexicana.

En el trabajo colaborativo con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, y el Centro de las Ciencias de la Atmósfera, de la UNAM, copartícipes de este proyecto, se realizan las actividades siguientes: 1) elaboración de una base de datos de información climática, regionalizando estadísticamente, para la república mexicana, la información proveniente del proyecto denominado CMIP5, durante tres períodos: el histórico (1961-2000), el futuro cercano (2015-2039) y el futuro lejano (2075-2099); 2) elaboración de discos compactos con los resultados de todos los análisis accesibles desde una plataforma web; 3) resumen ejecutivo para tomadores de

decisiones, y 4) síntesis ejecutiva para que sea considerada como insumo para la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático que desarrolla el INE, enfocada a modelación del clima, incluyendo análisis de escenarios actualizados, a partir de resultados de modelos de circulación global que serán considerados para el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

## Estado del arte de la ingeniería climática

En diversos estados de la república mexicana se han utilizado algunas de las técnicas de modificación del clima como, por ejemplo, la electrificación local de la atmósfera para producir condiciones favorables de precipitación y el bombardeo de nubes con yoduro de plata. Sin embargo, a pesar de que en la actualidad se llevan a cabo más de cien proyectos de modificación artificial del tiempo en decenas de países, en particular en regiones áridas y semiáridas, aún no hay plena seguridad sobre la utilidad de la ingeniería climática para producir lluvia.

Método	Supuestas Ventajas	Problemas	Referencias
Inyecciones de SO <sub>2</sub>	Aplicación rápida y económica.	Tiempo de residencia atmosférica de pocos años; acidificación de los océanos; retraso de precipitaciones y monzones.	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://www.essc.psu.edu/essc_web/seminars/fall2006/WiglevSci06.pdf">http://www.essc.psu.edu/essc_web/seminars/fall2006/WiglevSci06.pdf</a></li> <li><a href="http://www.atmos-chem-phys.net/8/3881/2008/acp-8-3881-2008.pdf">http://www.atmos-chem-phys.net/8/3881/2008/acp-8-3881-2008.pdf</a></li> </ul>
Sombrillas y espejos espaciales	Aplicación rápida. No hay un efecto directo sobre la química del océano.	Tiempo limitado de residencia en el espacio. Posicionamiento incierto en el espacio. No reduce la acidificación en curso de los océanos por las emisiones de carbono.	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://physicsworld.com/cws/article/news/2009/sep/01/geoengineering-could-be-needed-to-halt-climate-change">http://physicsworld.com/cws/article/news/2009/sep/01/geoengineering-could-be-needed-to-halt-climate-change</a></li> <li><a href="http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/tech/4762720.stm">http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/tech/4762720.stm</a></li> <li><a href="http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/un-cientifico-propone-construir-una-sombrilla-espacial-contra-el-calentamiento-global">http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/un-cientifico-propone-construir-una-sombrilla-espacial-contra-el-calentamiento-global</a></li> </ul>
Fertilización con limadura de hierro en el océano mejorando el fitoplancton	Reducción de CO <sub>2</sub>	No hay evidencias de que el fitoplancton muerto no libera CO <sub>2</sub> de vuelta a la superficie del océano	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://www.laondadigital.com/laonda/laonda/451/B2.htm">http://www.laondadigital.com/laonda/laonda/451/B2.htm</a></li> <li><a href="http://news.bbc.co.uk/1/hi/science/nature/7961000/7961165.stm">http://news.bbc.co.uk/1/hi/science/nature/7961000/7961165.stm</a></li> <li><a href="http://www.ocean-der-zukunft.de/fileadmin/user_upload/pdf/ocean-iron-fertilization.pdf">http://www.ocean-der-zukunft.de/fileadmin/user_upload/pdf/ocean-iron-fertilization.pdf</a></li> </ul>
Sistema de tubería para el océano, para la circulación vertical de agua fría mejorando la reducción de CO <sub>2</sub>	Reducción de CO <sub>2</sub>	No hay pruebas de que el agua fría que circula de nuevo a las profundidades del océano impida al CO <sub>2</sub> regresar a la superficie.	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7014503.stm">http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7014503.stm</a></li> <li><a href="http://www.ison21.es/2007/10/09/enfriar-el-oceno/">http://www.ison21.es/2007/10/09/enfriar-el-oceno/</a></li> </ul>

Listado de métodos de modificación del clima.

En este proyecto de investigación se analizan las técnicas más avanzadas orientadas a la modificación del tiempo y del clima, así como la postura de la Organización Meteorológica Mundial y la documentación descriptiva de diferentes técnicas de modificación artificial del tiempo y clima.

La tecnología moderna de modificación artificial del tiempo se remonta al descubrimiento, a fines de 1940, de que las gotas de nubes sobreenfriadas podían convertirse en cristales de hielo al insertárseles un agente enfriador como el hielo seco, o un núcleo de hielo artificial, como el yoduro de plata. A lo largo de más de cincuenta años de investigación, se han logrado grandes avances en conocimiento de la microfísica, la dinámica y los procesos de precipitación de las nubes naturales (lluvia, granizo, nieve) y los efectos de las intervenciones humanas en esos procesos.

---

## Estado del arte de la remediación de acuíferos sobreexplotados

---

El IMTA desarrolla un proyecto para analizar las principales metodologías de remediación existentes en el mundo, así como para definir el estado actual de los acuíferos sobreexplotados del país.

La principal motivación del proyecto es que en varias de las cuencas hidrológicas del país se presentan altos índices de crecimiento poblacional debido a sus actividades productivas y desarrollo económico. La relación entre la población y el volumen de agua disponible indica que dichas cuencas se encuentran bajo estrés hídrico. Esta circunstancia ha provocado el deterioro de la calidad del agua subterránea, descenso de niveles de los acuíferos, hundimientos

y agrietamientos del terreno, intrusión de agua marina, entre otros efectos.

Por lo anterior, es necesario analizar los efectos de la sobreexplotación, la contaminación de acuíferos y las metodologías de remediación que hay en todo el mundo con el fin de plantear las acciones más viables para su aplicación en nuestro país. Para ello, se lleva a cabo a una revisión del concepto de sobreexplotación, sus efectos y de la situación de acuíferos con esta problemática en todo el orbe, incluyendo, desde luego, a nuestro país.

Con los resultados del análisis anterior, se propondrán acciones para revertir dicha problemática con apoyo en casos de estudio exitosos reportados en la literatura. En cuanto al tema de la remediación, se está llevando a cabo una clasificación de los contaminantes, sus propiedades y las principales técnicas utilizadas.

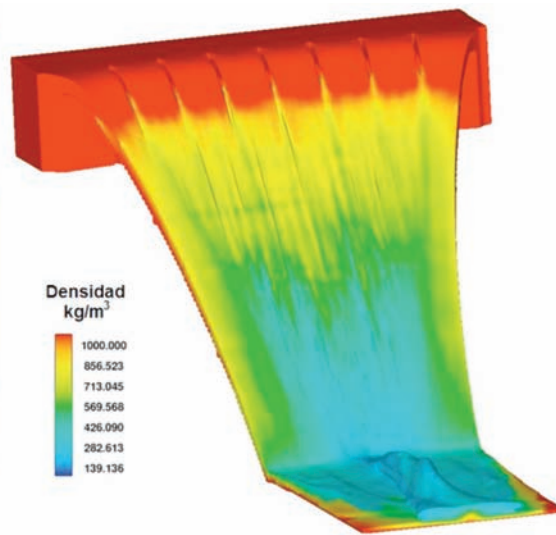
---

## Simulación física y matemática del flujo en vertedores escalonados

---

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

Para evitar dicha problemática, en este estudio se realizó la simulación numérica de diferentes vertedores escalonados, tanto en dimensiones del modelo de laboratorio como también de prototipo, con el fin de obtener valores de nivel de la superficie libre, presión y velocidad en toda la región de fluido.



Comparación del escurrimiento del modelo de laboratorio y el simulado, así como la distribución de la densidad en la descarga de un vertedor escalonado.

Con ello, se establecieron las capacidades de un modelo numérico de Dinámica de Fluidos Computacional (DFC) para el estudio de la hidrodinámica en vertedores escalonados, y se verificaron los resultados con los datos de un modelo físico construido en el Laboratorio de Hidráulica Enzo Levi, así como también con datos existentes en la literatura.

Se lograron reproducir tres tipos de flujo en vertedores escalonados: escalón por escalón, de transición y rasante. Los resultados indican que las características del flujo (gastos y tirantes críticos) tienen una gran correspondencia con los resultados obtenidos en la modelación física.

Por otra parte, se reprodujeron dos vertedores a escala prototipo. El primero con cuarenta escalones (el doble de escalones que generalmente se ha simulado en la literatura), y otro con 93 escalones. En esta serie de simulaciones, se incluyó el fenómeno de autoaireación. Los resultados obtenidos, tanto de velocidades, localización del punto de inyección de aire, así como también sobre la distribución de aire sobre la rápida, tienen gran semejanza con los resultados obtenidos en laboratorio, mientras que la distribución de presiones sobre los escalones se asemejan a los patrones reportados en la literatura.

La importancia de esta simulación radica en que es más económica y permite probar varias alternativas.

## Restauración ecológica de la laguna de Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo

Como parte de los trabajos del proyecto de restauración ecológica de la laguna de Bojórquez, el IMTA implementó una herramienta de soporte para la generación de alternativas para el mejoramiento de las condiciones hidrodinámicas en la laguna, así como también para la disminución de los tiempos de residencia de la misma.

Primeramente, se caracterizó la hidrodinámica actual del sistema lagunar Nichupté-Bojórquez. Para ello, se usó del modelo *ADCIRC-2DDI*, utilizando una malla triangular no estructurada con 45,185 nodos y 83,275 elementos. La caracterización hidrodinámica del sistema se desarrolló en dos fases:

en la primera se simuló un periodo de 15 días, cuyos resultados se validaron con mediciones llevadas a cabo en el periodo correspondiente de validación. Una vez validado el modelo, se realizó una simulación para un periodo de treinta días. Bajo las condiciones hidrodinámicas presentadas, se evaluó el tiempo de residencia teórico en la laguna de Bojórquez, que fue de 108 días.

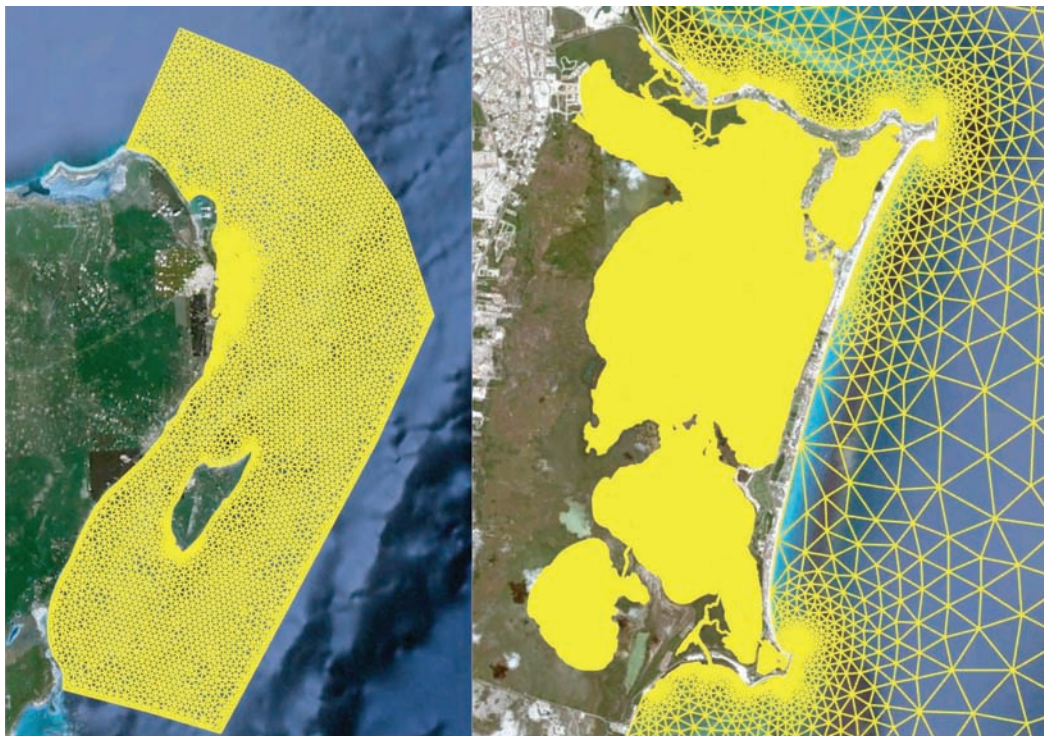
Para el mejoramiento de las condiciones del sistema lagunar, se propuso conectar la laguna de Bojórquez con el mar Caribe mediante un canal, el cual tiene un ancho de 10 m y una profundidad de 2.5 m (con respecto al nivel medio del mar). Para ello, se configuró el modelo numérico para correr durante el mismo periodo de tiempo y las mismas condiciones de marea. Con esta propuesta de mejoramiento, el tiempo de residencia teórico se reduce a 34 días, lo cual representa una tercera parte del tiempo de residencia en las condiciones actuales.

Por otra parte, se tiene que la hidrodinámica de la laguna de Bojórquez cambia totalmente, ya que las condiciones son significativamente mejores. Así, se

le da una alta dinámica a la parte norte de la laguna y mejora sus condiciones ecológicas.

---

## Desarrollo de metodologías de laboratorio para detección de contaminantes emergentes y su identificación en cuerpos de agua (agua y sedimento) y en



Extensión del dominio de cálculo y vista de la malla utilizada para las simulaciones.

# aguas residuales (en influente, efluente y lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales)

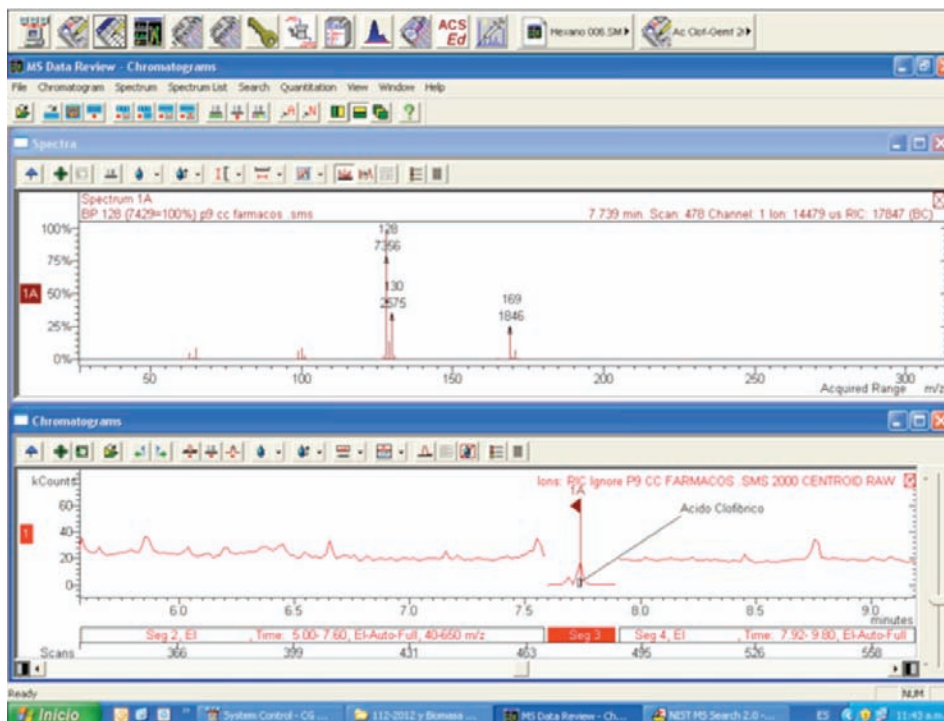
El creciente uso de compuestos organoclorados, antibióticos, hormonas, vasodilatadores y otros compuestos, hace necesario contar con metodologías que permitan su identificación y cuantificación para definir el tratamiento o uso a seguir en el agua que los contenga, tanto agua potable como residual.

Actualmente, la problemática derivada de los florecimientos algales que potencialmente pueden liberar toxinas, entre las que se encuentran las microcistinas y la anatoxina, crea la necesidad de contar con métodos de identificación y cuantificación puesto

que pueden generar problemas en las plantas potabilizadoras, ya que los tratamientos convencionales no las eliminan.

Estas toxinas han resultado ser potentes promotores de tumores hepáticos o neurotóxicos y, por lo tanto, la aparición de especies potencialmente productoras en nuestros ambientes acuáticos precisa la implementación de métodos de medición y estudios de control y seguimiento, ante el peligro de que pequeñas dosis de toxinas en exposiciones prolongadas puedan, por ejemplo, aumentar la incidencia de cáncer hepático en las poblaciones expuestas.

En 1997, la Organización Mundial de la Salud estableció el valor provisional de referencia  $1 \mu\text{g/L}$ , como nivel máximo aceptable para el consumo oral diario de microcistina-LR en aguas de abastecimiento público. En la mayoría de los países europeos, los organismos responsables del abastecimiento de agua potable y las agencias de medio ambiente han incluido planes de vigilancia y control de cianobacterias (algas verde-azules) y sus toxinas, para asegurar la calidad del suministro de las aguas potables y evitar procesos toxicológicos.



Cromatograma de ácido clofibrico en muestra.

El IMTA trabaja en el desarrollo e implementación de las técnicas para cuantificar la presencia de surfactantes (xantatos y detergentes) por espectrofotometría de UV-Vis, nonilfenoles por cromatografía de gases-masas, cianotoxinas por cromatografía de líquidos y en el diagnóstico de compuestos emergentes, tales como amoxicilina, gemfibrozil, ácido clofíbrico, -Estradiol, -etinil estradiol y estrona en cuerpos de agua (agua y sedimento).

Los principales resultados, a la fecha, han sido la selección de las metodologías para la identificación y cuantificación de los compuestos anotados, en función de la selectividad, los límites de detección y cuantificación, la precisión, exactitud y reproducibilidad.

Con respecto al diagnóstico de compuestos emergentes, se ha encontrado que los límites de cuantificación de los métodos, están al mismo nivel de los referidos en la literatura internacional. Un siguiente paso serán los muestreos en plantas de tratamiento de agua residual.

---

## Investigación del impacto de *Arundo donax* en México y evaluación de agentes para control biológico

---

El *Arundo donax* (carrizo gigante) es considerada una de las más importantes especies exóticas invasoras que amenaza los ecosistemas en todo el continente americano. La planta fue introducida por los españoles en Veracruz y de aquí se extendió a todo el continente. El *A. donax* se encuentra formando densas poblaciones en humedales o bordeando ríos, lagos, presas o canales de riego, poniendo en peligro la disponibilidad de agua. Además, ha incrementado

los riesgos de incendios, modificando los regímenes naturales de fuego.

Por otro lado, las poblaciones de *A. donax* incrementan la sombra en las riveras de lagos, ríos o canales de riego, lo que contribuye a modificar el hábitat natural de otras especies hasta el punto de desaparecerlas. Dada la gravedad del problema en la frontera con los Estados Unidos, los gobiernos de este país y México establecieron un convenio de colaboración para investigar alternativas de control que no causen impacto en el ambiente. El presente proyecto pretende utilizar insectos altamente específicos que puedan reducir la infestación a niveles manejables. Estos insectos son una avispa (*Tetramesa romana*) y, el otro, un insecto tipo escama (*Rhizaspidioutus donacis*).

Se realizó un mapeo de la infestación de *A. donax* en algunos sitios de México, determinando que los principales lagos (Chapala, Pátzcuaro, Cuitzeo), así como las cuencas de los ríos Bravo, Balsas, Amacuzac, Apatlaco, Yautepec y Cuautla, están infestados en diversos grados con esta maleza. El área de malezas acuáticas del Laboratorio de Hidrobiología del IMTA cuenta con el registro del padrón de Centros Reproductores de Organismos Benéficos del SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) de la SAGARPA, por lo que después de haber obtenido la autorización, se importaron a México una avispa y una escama para su cría masiva en laboratorio, donde siguen un control de calidad. Los insectos fueron importados del laboratorio de cuarentena de insectos benéficos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), localizado en Moore Airbase, Texas.

Actualmente, el Instituto cuenta con una unidad de cría masiva de estos insectos, los cuales se han liberado en el río Bravo y algunos sitios de Morelos. La evaluación de su establecimiento y eficacia está en curso en el IMTA y en el USDA. El presente proyecto contribuye a fortalecer el intercambio entre investigadores de ambos países para conjuntar esfuerzos en el control de malezas. Hoy en día, el IMTA partici-

pa activamente en las estrategias nacionales para el control de especies invasoras, siendo el líder en proponer acciones para el control de malezas acuáticas.



Cultivo de *Arundo donax* en invernaderos del IMTA.

---

## Disminución del costo de la remoción de metales en agua para consumo humano, mediante el uso de membranas destinadas al ablandamiento del agua

---

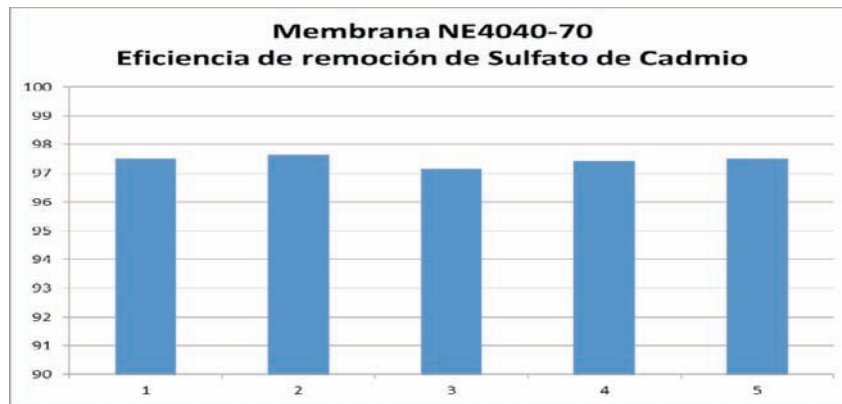
En el IMTA se han desarrollado pruebas de tratabilidad con membranas de nanofiltración, cuyos rechazos nominales, que es la capacidad de remoción de sólidos suspendidos, son mayores o iguales a 89% (de NaCl), lográndose porcentajes de remoción de metales pesados polivalentes (arsénico, plomo y

cadmio) superiores al 90%. Sin embargo, tres factores han impedido que los sistemas se instalen a nivel municipal: 1) el nivel de recuperación de agua ha sido menor o igual a 75%, definido por sustancias disueltas en el agua con alto potencial de incrustación, tales como la sílice, que son rechazadas en forma importante por las membranas, pero que se concentran en la corriente de rechazo, elevando el potencial de incrustación al aumentar el nivel de recuperación de agua, 2) el agua producida requiere de una remineralización, ya que al no contener suficiente alcalinidad resulta corrosiva y, de esa forma, no es posible distribuirla en un sistema de agua potable, y 3) el costo de los antiincrustantes para sílice, que son importados, contribuyen de forma importante al costo total del agua producida.

Hay membranas comerciales de nanofiltración con rechazos nominales menores o iguales a 70% (de NaCl), utilizadas para ablandamiento del agua (remoción de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ). Estas membranas tienen poca capacidad de remoción de la sílice disuelta y, en consecuencia, el efecto incrustante de la salmuera por sílice deja de ser importante para el proceso, adquiriendo relevancia otras sustancias incrustantes como carbonatos y sulfatos de bario y estroncio, y el fosfato y sulfato de calcio; no obstante estos últimos pueden ser controlados al acidificar el agua.

Así, el nivel de recuperación de agua que se espera lograr con la membranas propuestas para el estudio debe ser superior al 75%, y el costo de las sustancias que se utilicen para evitar la incrustación (ácido clorhídrico o ácido sulfúrico) debería ser menor que el de los anti-incrustantes de sílice. Por otra parte, dado que los metales pesados son polivalentes y de radios atómicos mayores que los de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , y estas membranas están diseñadas para iones polivalentes, en principio el rechazo de los metales pesados debe ser, por lo menos, equivalente al de los iones causantes de la dureza.

En pruebas realizadas con sulfato de cadmio, utilizando la membrana NE4040-70 de CSM, se alcanzó una eficiencia de remoción superior a 97%,



Resultados de las pruebas de tratabilidad con cadmio.

mientras que la presión de operación fue de 2.1 kg/cm<sup>2</sup>, que es aproximadamente 10 % menor a la que requiere una membrana de la misma marca, pero con rechazo nominal de 90% (NE4040-90).

## Análisis técnico y económico de tecnologías para remoción de fluoruros (2<sup>a</sup> parte), y evaluación de riesgos a la salud por exposición a fluoruros presentes en agua

En la primera etapa de este proyecto se identificaron, mediante pruebas en lotes, el carbón de hueso y la alúmina activada como los mejores adsorbentes de fluoruros de un grupo de cuatro materiales. En esta segunda etapa del proyecto, se determina el comportamiento de dichos materiales en flujo con-

tinuo a escala semipiloto, así como la vida útil de los adsorbentes.

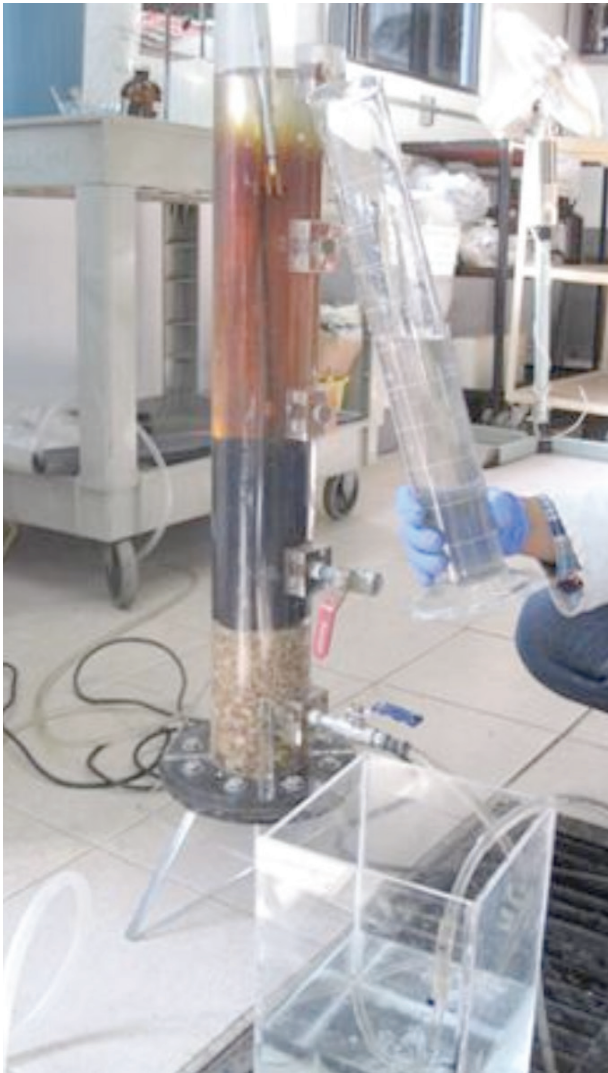
Pruebas de regeneración de carbón de hueso en lotes, empleando como regenerante solución de hidróxido de sodio (NaOH) con diferentes concentraciones (entre 1 y 4%), mostraron que es conveniente usar NaOH al 4%, ya que se logra desorber el 90% del fluoruro, aunque de manera preliminar se estima una pérdida de material del 5% en peso, en cada regeneración.

Pruebas realizadas en minicolumnas con lechos empacados, para determinar la vida útil del carbón de hueso como adsorbente de fluoruros, muestran que éste puede ser reusado sólo cuatro veces antes de perder el 50% de su capacidad de adsorción. Durante los experimentos, se observó que esta disminución puede deberse a la pérdida de sitios activos que no pueden ser recuperados a través de la regeneración, y/o a la disolución del mismo material con las soluciones de productos químicos usadas durante el proceso de regeneración.

Se ha seleccionado el Valle del Mezquital para estudiar riesgos a la salud por exposición a fluoruros presentes en el agua de uso y consumo humano. Mediante una revisión documental, se estableció que el contenido de fluoruros totales en orina es un buen biomarcador de exposición reciente, por lo que su determinación en paralelo a la aplicación de un cuestionario y determinación de fluoruros en

el agua de consumo y bebidas preparadas con ésta, permitirá estimar el grado de exposición a este contaminante.

Como parte de la caracterización de la exposición humana a flúor en ese sitio, se identificaron las fuentes ambientales relevantes para la carga corporal de este contaminante, siendo el agua embotellada, jugos y refrescos, té y café las de mayor consumo. El avance de análisis de laboratorio muestra que el agua embotellada de tres marcas comerciales nacionales, así como tres locales, contribuyen poco a la carga corporal de fluoruros, ya que las concentraciones son  $<0.2$  mg/L.



Pruebas de regeneración del adsorbente.

## 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 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.

Hasta la fecha, se han realizado trabajos de investigación a escala de laboratorio para desarrollar tres trenes de tratamiento, de los cuales, los dos mejores fueron evaluados, optimizados y validados utilizando un prototipo móvil a escala semi-industrial bajo condiciones reales de operación en una granja porcina de Morelos. El sistema desarrollado ha demostrado remover a escala semi-industrial entre 97 y 99% de la demanda química de oxígeno, entre 98



Planta móvil.

y 99% de la demanda bioquímica de oxígeno, entre 80 y 91% del nitrógeno total, entre 72 y 77% del fósforo total y, al menos, el 99.99% de las coliformes fecales.

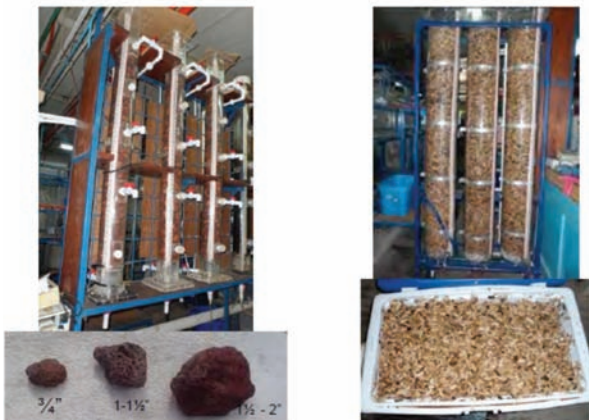
La calidad que se obtiene en el efluente tratado permite que sea reutilizado en irrigación de campos agrícolas. El siguiente paso es construir la planta a escala real y concretar la etapa final del proyecto, por lo que se analizan diversas fuentes de financiamiento para la construcción del sistema.

---

## 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, con el auspicio del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación del CONACYT.



Prototipos experimentales y materiales de empaque del biofiltro.

En este tenor, se concluyeron 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 macronutrientes de agua residual municipal, así como los trabajos de la remoción por filtración (sobre materiales orgánicos y membranas) de colorantes azo y aditivos presentes en agua residual de industria textil. Se continúan los trabajos para determinar el efecto de la relación carbono/nitrógeno y la aireación en la remoción de ambos macronutrientes de agua residual agroindustrial (efecto de la carga orgánica).

---

## Vermifiltro para el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico

---

Para proporcionar una solución a las descargas generadas por poblaciones urbanas y rurales que desechan a barrancas y apantles, utilizados como drenajes y tiraderos de basura, se desarrolló un vermifiltro de uso doméstico cuya descarga cumpla con los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Para ello, se ha evaluado la eficiencia de los vermifiltros bajo diferentes condiciones de operación, y se ha obtenido una remoción de demanda bioquímica de oxígeno superior al 90%, mientras que la remoción de demanda química de oxígeno es del 75%. Asimismo, se ha verificado una remoción del 94% del nitrógeno total Kjeldahl y se ha constatado el aumento del oxígeno disuelto en el efluente con valores superiores a los 4mg/L.

En lo que respecta a la producción de vermicomposta, se ha generado un sustrato que puede ser usado como abono para cultivo de hortalizas. Se analizó una muestra de este sustrato y se obtu-



Vermifiltro piloto (VP). Vermifiltro familiar (Vfam).

vieron los siguientes resultados: materia orgánica estabilizada 32.39%; capacidad de intercambio catiónica 85.54 cmol kg<sup>-1</sup>; nutrientes: nitrógeno total 2.3%, fósforo total 0.06% y potasio 0.09%; pH 6.52 y coliformes fecales 700 NMP (número más probable)/g. Este último resultado está dentro del límite máximo de la norma para uso de biosólidos (NOM-004-SEMARNAT-2002 <1 000 NMP/g de coliformes totales en base seca para lodo tipo A).

## Operación y mantenimiento del sistema acuícola con reúso de agua residual tratada y descarga cero

En los años recientes, la acuicultura ha adquirido mayor relevancia en el estado de Morelos, tanto

para los productores de peces de ornato como para los de consumo. Sin embargo, la agricultura compete abiertamente por el agua con la acuicultura, por lo que esta última emplea, casi siempre, los excedentes de la primera que pueden contener lixiviados agroquímicos, lo cual merma la calidad del agua para esta actividad.

En apoyo a este sector y para una mejor utilización del recurso hídrico, se adaptó un sistema de tratamiento con recirculación, lo cual permitió un ahorro de agua del 92.9% mensual y garantizar que la calidad del agua es adecuada para fomentar su reúso sin alterar la producción de peces y, al mismo, tiempo reducir el consumo de agua de primer uso.

Actualmente, el sistema de filtración de flujo ascendente de tezontle y esponja opera con una tasa de 3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h. Se ha observado que la temperatura del agua en los estanques se ha incrementado, por lo que el oxígeno disuelto ha disminuido entre 2.5 y 1.5 mg/L, y el pH que se encuentra entre 6.2 y 6.9. De esta manera, se continúa obteniendo crías de peces guppy, espadas y guramis,

lo cual refleja que los criterios establecidos favorecen el desarrollo adecuado de estas especies.



Filtros de flujo ascendente: F1: esponja y F2: tezontle.

## ICAM-Riego en Internet

La agricultura rentable requiere de información hidroagrícola y de mercado en tiempo real. Un mecanismo para afrontar estas necesidades de información consiste en desarrollar un sistema que puede generar reportes hidroagrícolas para su consulta vía Internet.

El cambio climático modifica en el corto tiempo las variables climáticas que impactan negativamente la producción de los cultivos. Una de las estrategias para su mitigación es el uso de energía renovable para suministrar la potencia requerida por los sistemas de riego.

En este marco, se plantean los objetivos del proyecto: a) desarrollar tecnología para realizar consultas de reportes hidroagrícolas en Internet, dentro del sistema ICAM-Riego (Información de Campo y Administrativa para Módulos de Riego), desarrollado por el IMTA, y b) utilizar energía renovable para la desalación de agua salobre y aplicar el agua a cultivos con riego presurizado.

Para el caso de la consulta de información vía Internet, un portal web hace posible la transferencia de archivos en ausencia de un servidor propio o de la asociación de usuarios de riego. El sistema ICAM-Riego ya ofrece consultas, vía reportes en Internet, sobre la distribución del agua; el padrón de usuarios, con el uso del sistema *G-SIPPAD*; de infraestructura hidroagrícola, con el programa *G-InvIH*, y reportes hidroagrícolas con *MZ-SIG*.



Reportes generados por el sistema ICAM-Riego.

## Energía renovable en la agricultura

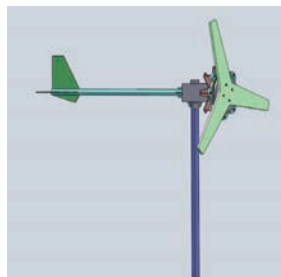
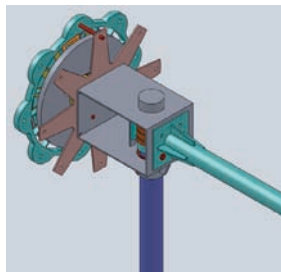
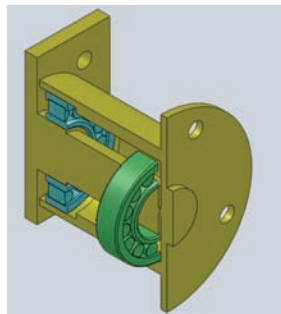
En lo que respecta al uso de energía renovable solar, las celdas solares son soldadas y dispuestas en serie o paralelo, según la necesidad de generación de potencia; posteriormente, se colocan en material de acrílico resistente a la radiación UV. A la fecha, se ha instalado un panel ensamblado para probar su resistencia al intemperismo y, con ello, verificar que el material usado cumpla con estándares comerciales internacionales.

Para el caso de la energía renovable eólica, se ha procedido al diseño de un aerogenerador con apoyo del sistema *Solid Works*, ya que permite el análisis tridimensional de piezas y simplifica la integra-



Detalle del ensamble de un panel solar.

ción de planos de despiece y ensamblado. Uno de los detalles importantes de un aerogenerador, es el frenado aerodinámico para evitar daño con grandes velocidades de viento. El diseño incluye imanes de neodimio para una generación más eficiente de la corriente eléctrica.



Detalles del diseño del aerogenerador.

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

Como parte de la línea de investigación del IMTA en torno a la vulnerabilidad asociada al cambio climático, el proyecto tiene como objetivos diagnosticar los factores sociales, económicos, ambientales, organizacionales y de género que determinan 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 situaciones de desastre.

En el año 2012 se realiza un diagnóstico sobre formas comunicativas en cuatro localidades de Yucatán: Celestún, San Felipe, Ixil y Comisaría de Sisal, a partir del cual se diseñará una estrategia de comunicación en torno a la vulnerabilidad socioambiental en la zona y a las diversas alternativas de adaptación a las nuevas condiciones. Como parte del diagnóstico, se diseñó y aplicó una encuesta a 160 personas, incluyendo autoridades municipales y pobladores hombres y mujeres de las cuatro localidades. Con la encuesta se pretende identificar las formas de comunicación frente a las situaciones de riesgo detectadas en las comunidades, a fin de generar estrategias comunicativas y su inclusión en el plan de adaptación de cada municipio.

A la fecha, se cuenta con la base de datos de la aplicación de la encuesta y se trabaja en la elaboración

del informe analítico de sus resultados. Por otro lado, se elaboran cuatro trípticos (uno por cada localidad), un documento de síntesis para tomadores de decisiones y un juego de mesa sobre vulnerabilidad socioambiental y capacidad adaptativa frente al cambio climático, desde un enfoque de género. Dichos materiales serán compartidos con la población local y serán parte de los insumos enfocados a generar un proceso de discusión sobre la interacción de las vulnerabilidades con las amenazas en la conformación de los desastres.



Talleres participativos en Yucatán.

## Vulnerabilidad socioambiental frente a eventos meteorológicos extremos

Este proyecto de investigación tiene como objetivo general darle continuidad, actualizar y robustecer el Índice de Vulnerabilidad Social que desarrolló el IMTA durante 2010. Paralelamente, se pretende desarrollar un estudio de caso sobre la vulnerabilidad socioambiental analizando una cuenca con problemas frente a eventos meteorológicos extremos.

A la fecha, se ha avanzado en la actualización de los indicadores socioeconómicos y demográficos del Índice de Vulnerabilidad Social y se han identificado variables ambientales que se incluirán en la nueva versión del Índice mencionado. Por otro lado, se seleccionó como caso de estudio la cuenca de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, donde se ha iniciado el proceso de diagnóstico a partir de datos cualitativos.

## Gobernanza del agua

El tema de la gobernanza del agua ha cobrado relevancia en los últimos años. Por ello, se ha convertido en una línea de investigación en el IMTA. En 2012 se desarrolla un proyecto sobre el tema, que incluyó la organización de un seminario internacional denominado Gobernanza del Agua: del Concepto a la Implementación, realizado en conjunto con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

Además, se cuenta con un libro sobre el tema en el que participaron 53 autores dando sus puntos de vista, el cual se encuentra en proceso de impresión. Dentro de una actividad más derivada de este proyecto, se trabaja en el texto *Hacia un documento de posicionamiento de gobernanza del agua en México*, que elabora el IMTA, El Colegio de México, la CONAGUA y la Asociación de Empresas de Agua y Saneamiento. Una versión preliminar del documento fue sometida a discusión a un grupo invitado de expertos en el tema, mediante un foro organizado en El Colegio de México, para enriquecer su contenido.



Seminario Gobernanza del Agua: del Concepto a la Implementación.

---

# ASESORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

---

## 1.2

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

---

#### Diseño ejecutivo de la planta de tratamiento de aguas residuales del Parque Bicentenario

---

Se concluyó el proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento que utilizará aguas de la ciudad de México para el riego del Parque Bicentenario.

Asimismo, se realizó la modelación hidrodinámica del flujo en el lago con el propósito de determinar las principales motrices de aireación en el lago, considerando

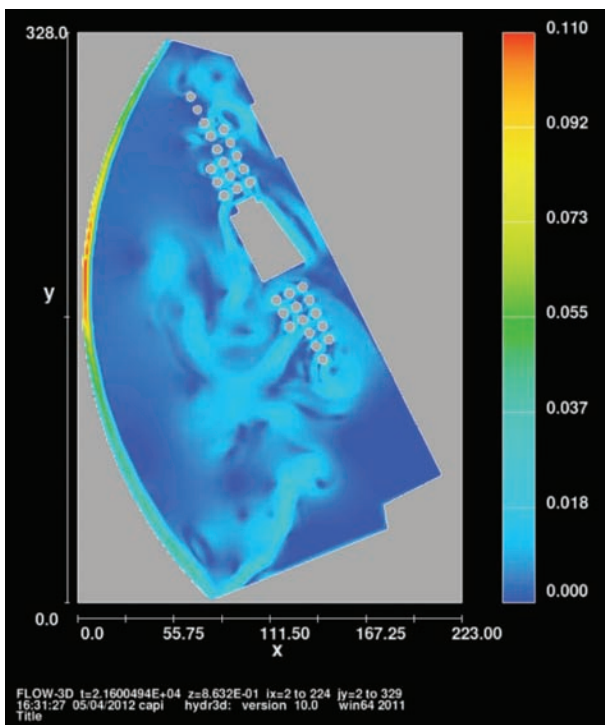


Maqueta del Parque Bicentenario.

dos casos. En el primero, la fuerza motriz está formada por dos fuentes de aguas tratadas y un sumidero, mientras que en el otro, la segunda fuerza motriz considerada es el viento. De acuerdo con los resultados

del modelo, se observa que el movimiento de la superficie del lago propiciado por el viento es ligeramente mayor que el caso de las opciones de circulación por fuentes y sumideros. En el caso del movimiento inducido por el viento, la recirculación mayor se presenta en la dirección del viento suroeste, con una magnitud de 1.8 cm/s. La velocidad máxima se presenta en la parte circular del lago, lo que indica que el flujo, una vez que choca contra las paredes inferiores, se traslada a la parte superior y, desde ahí, vuelve a la parte inferior impulsado por el viento, produciéndose así la recirculación.

Por otra parte, con la opción de propiciar el movimiento del agua mediante fuentes y sumideros, en ambos casos, aunque se logra que haya movimiento en una parte del lago, las velocidades obtenidas son menores a 1 cm/s, excepto en los campos cercanos a los dispositivos, donde la velocidad alcanza un valor mayor a 4 cm/s. En cuanto a consumo energético, considerando una tubería de cinco pulgadas, es necesario proveer un sistema con una potencia igual a 6 HP o 4.39 KW, para un caudal 0.05 m<sup>3</sup>/s.



Patrones de flujo afectados por el viento, t = 6 horas.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL

### Asistencia técnica para la introducción de tecnologías apropiadas de saneamiento en la operación del Programa Hábitat-SEDESOL de la Secretaría de Desarrollo Social

Este es un proyecto bianual contratado con ONU-Habitat, con el fin de desarrollar e implementar una propuesta dirigida a la introducción de tecnologías alternativas para dotar de agua y saneamiento a colonias periurbanas. Dichas actividades se basan en procesos de planificación e implantación participativos que aseguran la adopción social de las tecnologías propuestas. Se tomaron, como casos de prueba, dos polígonos Hábitat de la SEDESOL (una colonia periurbana y un Centro de Desarrollo Comunitario, ambos ubicados en Morelos).

En este segundo año del proyecto, se ha avanzado en el Centro de Desarrollo Comunitario, en Morelos, donde se diseñaron los proyectos ejecutivos y se lograron comprometer los recursos para su construcción, a cargo del municipio de Xochitepec, Morelos, y la SEDESOL. En cuanto a la colonia periurbana, el

siguiente paso es establecer acuerdos y compromisos con las autoridades del municipio de Temixco.



Centro de desarrollo comunitario de Alpuyecá, lugar donde se realiza el proyecto.

## 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 RHA. 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), y se realizó la estimación del financiamiento necesario para los proyectos propuestos para el cierre de las brechas hídricas a 2030, en donde se consideró la Estrategia Regional del Sector Hídrico hacia 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.

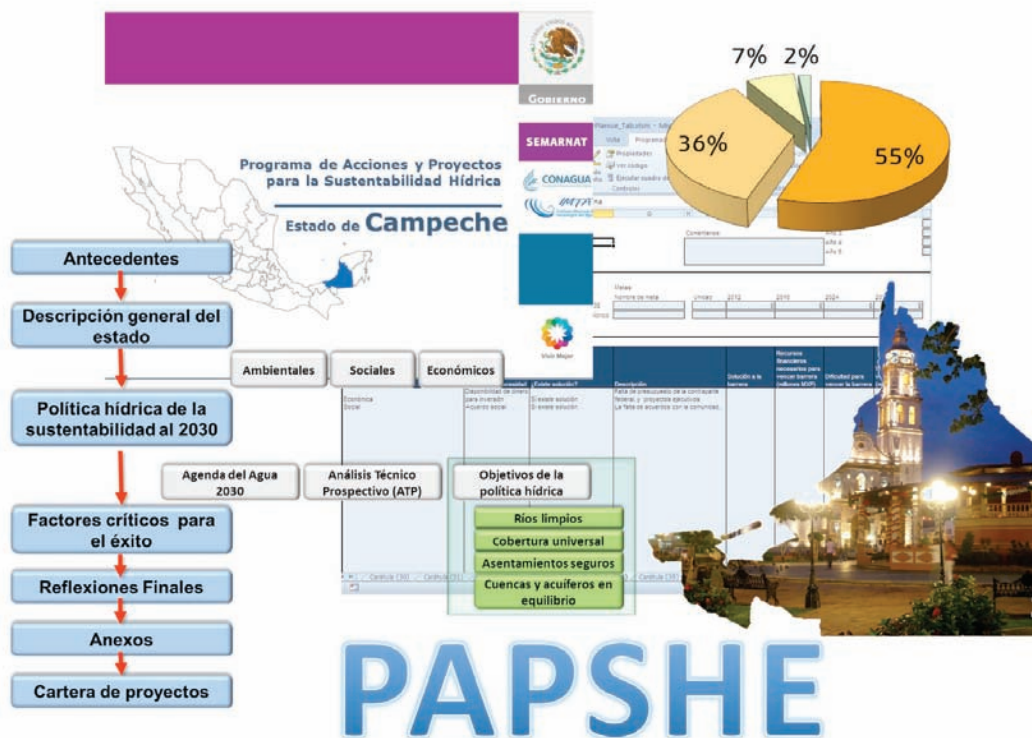
Se publicaron los 13 documentos referentes a las RHA con sus respectivos catálogos de proyectos.

Asimismo, se integraron los catálogos de proyectos estatales del Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica para cada Estado. Cada catálogo contiene información relativa a proyectos 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 reducción de la brecha y el periodo de ejecución, entre otras. Esta información se utilizó para la generación de fichas de información de los proyectos identificados.

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.

Asimismo, se terminó el Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológico Administrativa XII, Península de Yucatán, incorporando un catálogo de proyectos regional que puede contribuir a cerrar las brechas hídricas. Posterior a esta actividad, se comenzó con la realización del Programa de Acciones para la Sustentabilidad Hídrica del estado de Yucatán, desarrollando un análisis prospectivo siguiendo los objetivos de la Agenda del Agua 2030 para determinar brechas hídricas entre oferta y de-



Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica del Estado.

manda, brechas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, brechas de cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado y obtener un índice de impacto a fenómenos meteorológicos extremos para el estado de Yucatán.

A través de visitas al Organismo de Cuenca Península de Yucatán, se ha recopilado un catálogo de proyectos que contribuirá al cierre de las brechas en cada uno de los ejes de la Agenda del Agua 2030. A cada proyecto se le ha identificado barreras para su ejecución y planteado posibles soluciones para vencer dichas barreras.

Como actividad adicional, se trabaja en la actualización del modelo de Análisis Técnico Prospectivo, realizando análisis de sensibilidad con diferentes variables para identificar las principales para su actualización.

---

## Sistema informático del Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua

---

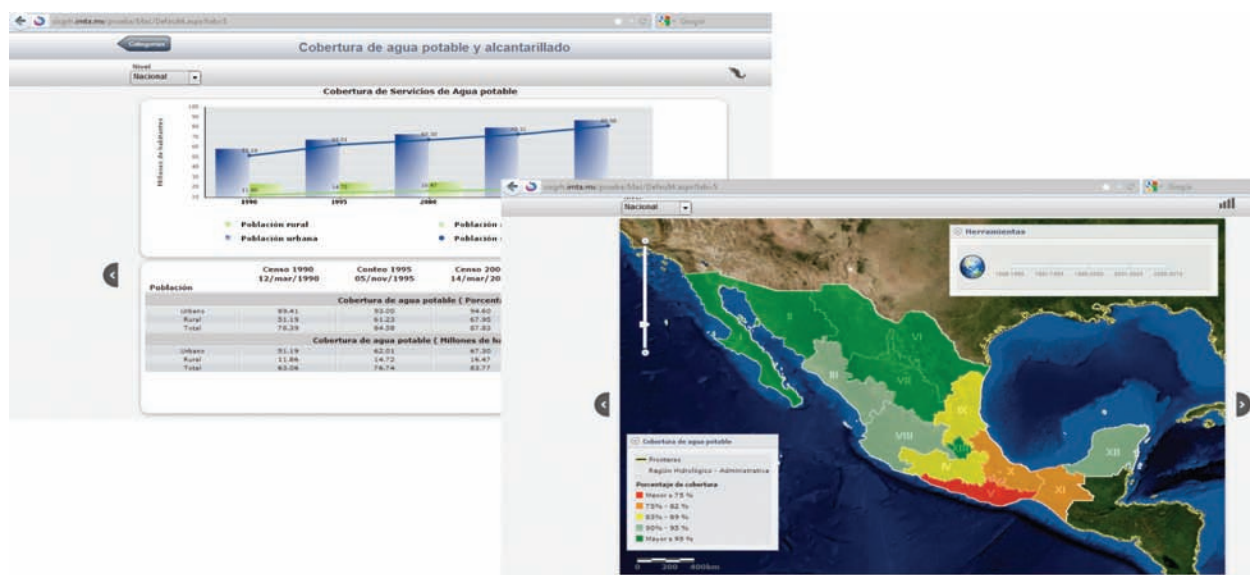
La implementación del sistema informático del Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua incluyó la creación de una base de datos geográfica y un almacén de datos (*data warehouse*), y el desarrollo de la interfaz de consulta y actualización de los datos almacenados en la misma. La creación de la base de datos consideró, como primer paso, la definición del conjunto de datos geográficos, estadísticos y documentales necesarios para el sistema. Una vez definidos

los datos, se agruparon en tres subconjuntos, cada uno correspondiente a un eje del desarrollo sustentable: social, económico y ambiental; posteriormente, cada subconjunto fue dividido en sistemas.

En la etapa de implementación del sistema se creó la base de datos geográfica, la cual incluyó la depuración y transformación de las capas a la estructura definida en el modelo lógico, la creación de la base de datos y la carga de las capas. Por su parte, la creación del *data warehouse* implicó el desarrollo de procedimientos para extracción, transformación y carga de datos (ETL, por sus siglas en inglés). Respecto a la implementación de la interfaz de usuario, considerando que actualmente varios de los usuarios a cargo de la toma de decisiones cuentan con dispositivos móviles, el desarrollo de la interfaz se hizo con la posibilidad de visualizarse en ellos, además de los equipos de escritorio. La visualización de los datos estadísticos requirió una herramienta de inteligencia de negocios (BI, por sus siglas en inglés) y herramientas propias para el desarrollo de aplicaciones web.

El sistema informático del SINA integró en un solo repositorio los datos geográficos, estadísticos y documentales asociados a los recursos hídricos, eliminando con ello problemas de nomenclatura, representación y consistencia. Por otro lado, pone a disposición de los usuarios información útil para la gestión del recurso, generada a partir de estos datos. Finalmente, facilita al personal operativo de la CONAGUA la actualización periódica de los datos mediante procedimientos automáticos.

Finalmente, la publicación *Estadísticas del agua en México*, generada por la CONAGUA, muestra en ocho capítulos la información más relevante sobre el agua a nivel nacional, regional y estatal. La publicación es anual y se actualiza con la información que proporcionan diversas áreas de la Comisión y de otras instituciones. En los dos últimos años, para esta publicación en sus versiones 2011 y 2012, el IMTA elaboró cerca de 243 productos para cada una. Los productos elaborados corresponden a tablas, gráficas



Interfaz de consulta del Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua.

y mapas que se incluyen en cada uno de los ocho capítulos que la conforman. Por otra parte, para el *Atlas del agua en México 2011* se elaboraron 122 productos: tablas, gráficas y mapas pertenecientes a los cinco capítulos que contiene la publicación.

## Caracterización de la cuenca del río Mololoa: alternativas de acciones de sustentabilidad del agua y capacitación a integrantes de la Comisión de Cuenca del Río Mololoa

La ciudad de Tepic, Nayarit, está en la cuenca del río Mololoa, en la cual avanza de forma alarman-

te la contaminación del recurso hídrico, propiciada desde las zonas altas o zonas de recarga, con procesos de deforestación que producen azolves hacia los arroyos, al mismo río y a los manantiales que lo alimentan. También se producen descargas de aguas residuales de las poblaciones aledañas al río sin tratamiento alguno, así como basura y residuos de agroquímicos.

Esta situación se ve agravada al llegar al valle central o Valle de Matatipac, donde la contaminación del agua y del suelo es propiciada por el uso de agroquímicos en el cultivo de caña de azúcar, la falta de funcionamiento adecuado de las plantas y sistemas de tratamiento del agua, y las explotaciones porcícolas, avícolas y pecuarias que arrojan sus excedentes de agua sin tratamiento alguno al río.

En el paso del río por la ciudad de Tepic se observan descargas clandestinas de zonas urbanas e industriales, basura que arroja la población, falta de eficiencia en los procedimientos de tratamiento del agua y falta de capacidad para tratar la mayor parte de las aguas residuales, además del arrastre de sedimentos por erosión hídrica derivados de la deforestación de los cerros adyacentes, lo cual se traduce en azolves que afectan al cauce del río y sus afluentes.

Para atender dicha problemática, la CONAGUA, y la Dirección Local Nayarit, conjuntamente con la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de Nayarit (CEAPAN), solicitaron al IMTA realizar el estudio *Caracterización de la cuenca del río Mololoa: alternativas de acciones de sustentabilidad del agua y capacitación a integrantes de la Comisión de Cuenca*.

Los principales resultados obtenidos en dicho estudio fueron: la caracterización de la situación actual y problemática de agua, y la generación de las propuestas de alternativas de acciones de sustentabilidad del agua y sus principales recursos asociados.

Se delimitó el área de estudio en escala 1:50,000 y se realizó el acopio y la sistematización de información cartográfica; se caracterizó el medio natural empleando la herramienta *SIG-Cuencas*, del IMTA; se obtuvo cartografía digital e impresa y la documentación asociada que sirvió para generar mapas

de subcuencas: topográfico, edafológico, climático-isoyetas, uso del suelo y problemática expresada como tipo de degradación presente. También, se consultó y analizó la documentación de planes y programas federales, estatales y municipales directamente relacionada, así como la disponibilidad de agua subterránea de los acuíferos, obtenida del Registro Público de Derechos de Agua.

A partir de lo anterior, se hizo la propuesta de alternativas de acciones para la sustentabilidad del agua y sus principales recursos asociados. Las acciones recomendadas, en forma de tecnología conservacionista y que fueron entregadas para su aplicación a la Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del Río Mololoa, se presentan en el cuadro siguiente:

Estas tecnologías conservacionistas están cuantificadas y localizadas en forma de mapas para su posible implementación inmediata.

Descripción de las prácticas de conservación de agua y suelo.

Práctica recomendada
Surcado a curva de nivel (pendiente 0.25%).
Plantación líneas de agave a curva de nivel (pendiente 0.25%).
Desmonte para agricultura nómada en franjas a curva de nivel, dejando franjas forestales a curva de nivel intactas. Para pendientes 0-15 % = 10 m y = 40 m de ancho. Para pendientes 15-35 % = 10 m y = 20 m de ancho.
Cultivo en callejones: agricultura permanente en franjas a curva de nivel de 6 m ancho, intercalada con líneas plantadas por <i>Leucaena sp.</i> , las cuales se podan regularmente usando productos como Munch.
Fertilización orgánica.
Abono verde: leguminosa para incorporar al suelo.
Cobertera leguminosa.
Empastamiento.
Conjunto de: cero labranza + cero quema + cero herbicidas.
Descanso forestal: para pendientes menores de 15%, mínimo cinco años. Para pendientes entre 15 a 35%, mínimo ocho años.
Cajeteo, aplanamiento 2 m alrededor del tronco, con un dique circular para la retención de agua.
Terraza de media luna.
Evaluación del índice agostadero, y ajustar el pastoreo a dicho índice.
Restauración forestal (múltiples prácticas).

---

## Modernización de la red de distribución en el Módulo de Riego V-II, 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. En los últimos años, se ha beneficiado una superficie promedio de 30,000 ha, sembrada con granos como maíz y sorgo. 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, con las consecuentes dificultades para suministrar el volumen concesionado completo, así como las malas condiciones físicas de la red de distribución del Módulo (más del 50% de los canales han perdido su revestimiento), que genera bajas eficiencias de conducción y fuertes pérdidas de volúmenes de agua. 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 IMTA realizó el análisis a nivel de anteproyecto para modernizar el 100% de los canales de la red, y los proyectos ejecutivos para el 30% de los canales de menor capacidad, con lo que se inició la primera etapa del proceso de modernización.

El anteproyecto de modernización consistió en el entubamiento de 300 km de canales laterales y sublaterales, que cubren una superficie de 30,000 ha. El costo del entubamiento asciende a 1,200 millones de pesos.



Reuniones de trabajo en las oficinas del Módulo V-II.

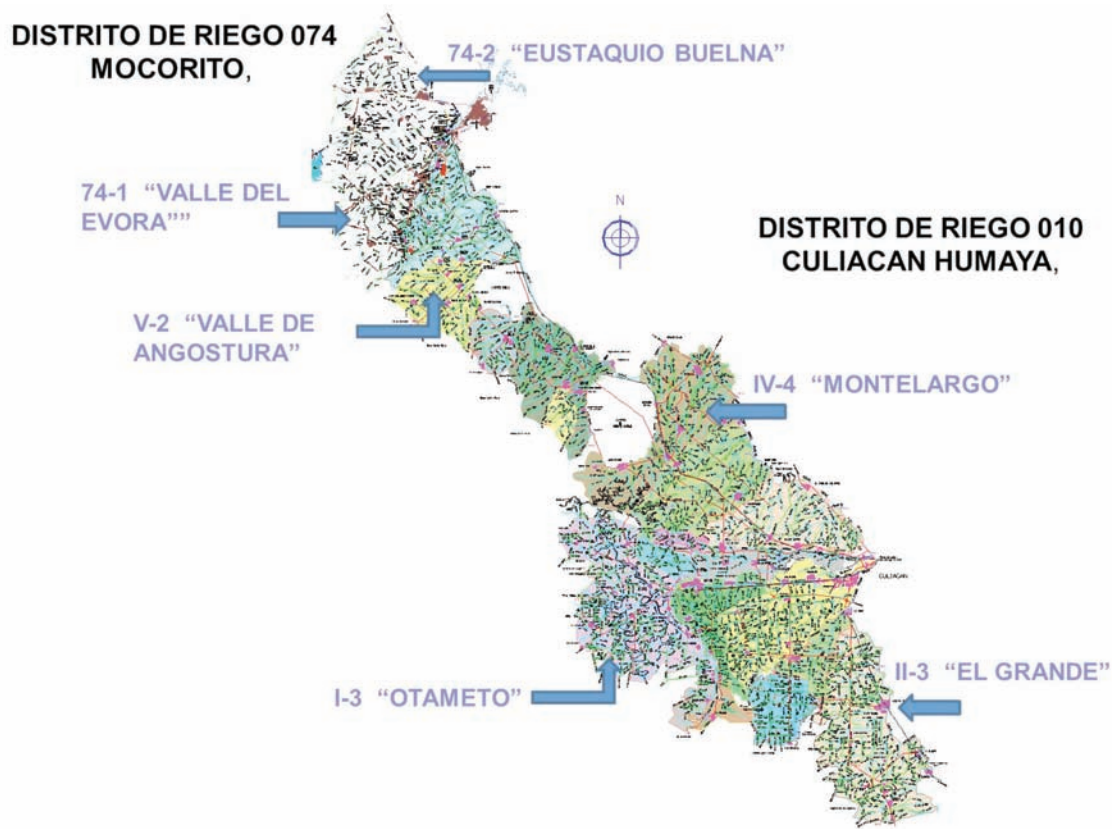
El proyecto ejecutivo para la modernización, consiste en el entubamiento de 100 km de canales laterales y sublaterales, que cubren una superficie de 18,545 ha. El costo del entubamiento asciende a 369 millones de pesos.

---

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

---

La CONAGUA solicitó al IMTA el apoyo para la asesoría y supervisión de los módulos de riego I-3, II-3, IV-4, V-2, 74-1 y 74-2 de los Distritos de Riego 010 Culiacán-Humaya y 074 Mocorito, Sinaloa, durante el cierre del ciclo agrícola 2010-2011, en el cual, por efecto de las heladas del mes de febrero de 2011, los usuarios resembraron 176,993 ha de una superficie programada de 126,324 ha, lo que implicaba un 37% adicional. Además, el 90% del total de la superficie se sembró en un periodo de veinte días,



Módulos con mayor problemática de disponibilidad de agua.

originando problemas de capacidad de canales en la mayoría de los módulos. El déficit estimado al 31 de marzo de 2011 era de un volumen de 282.6 hm<sup>3</sup>, por lo que se solicitó una reasignación de volúmenes para ambos distritos.

Las acciones que realizó el IMTA durante la emergencia fueron: supervisión de la operación de canales para detectar gastos y niveles altos de operación, fugas y movimientos fuera de programa; supervisión de avances semanales de ha-riego por sección; capacitación a canaleros en medición del riego parcelario; elaboración de tablas gasto-tiempo para el avance del riego parcelario; determinación de láminas de riego netas e intervalos de riego; determinación de volúmenes para concluir el ciclo agrícola; propuesta de último y penúltimo riego con surco alterno en maíz; gastos mínimos a nivel de parcela para ampliar el número de riegos, y aforos en la red de canales y en bombeos de reúso y tandeos de canales latera-

les y sublaterales. Los resultados, al final del ciclo, muestran que en los seis módulos, con una superficie física sembrada de 95,867 ha, no hay pérdidas significativas por falta de agua en los cultivos, y en promedio se tiene una producción de 6 t/ha en los cultivos de maíz y sorgo, lo cual para un ciclo primavera-verano es aceptable. A nivel distrito, se usaron 42 hm<sup>3</sup> a nivel de presa adicionales, que representa sólo un 1.3% del volumen total programado al inicio del ciclo agrícola.

Se capacitó a 68 operadores de los seis módulos en aspectos de medición del agua y uso eficiente del agua en riego por gravedad. La participación del IMTA en un operativo de emergencia en ambos distritos permitió, principalmente, disminuir problemas sociales asociados con falta oportuna del agua para los cultivos, e hizo posible que la CONAGUA y los módulos lograran un ciclo agrícola histórico en cuanto a déficit de volúmenes para riego.

# TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

## Estudios hidrológicos y de calidad del agua

Con la Comisión Federal de Electricidad se colabora en el proyecto *Estudios hidrológicos y de calidad del agua en el tramo de la Central Hidroeléctrica Caracol a la Central Hidroeléctrica El Infiernillo en el río Balsas, Guerrero*. En esta etapa del estudio, se requiere contar con un diagnóstico de las condiciones hidrológicas y de calidad del agua, así como de la fauna acuática del tramo de río Balsas, con la finalidad de que en etapas posteriores se determinen los

impactos asociados a la construcción y operación de la Central Hidroeléctrica (CH) Pescado. La zona que comprende el tramo en estudio, se ubica entre la subregión del Medio Balsas, desde la CH Ing. Carlos Ramírez Ulloa (El Caracol) hasta el embalse de la CH El Infiernillo, de aproximadamente 276 km. El sitio propuesto para el proyecto denominado Proyecto Hidroeléctrico Pescado, motivo del presente estudio, se ubica a 30,7 km aguas abajo de la CH Ing. Carlos Ramírez Ulloa. El proyecto tiene la finalidad de aprovechar los gastos de turbinado de la central para generación de energía y mantener un gasto constante hasta el embalse de El Infiernillo.

Con base en los análisis y evaluación de la información histórica disponible, se integra el diagnóstico de la calidad del agua del río Balsas, partiendo de la base de información de la CONAGUA, que tiene a su cargo la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM) en la zona de estudio. Sobre el cauce del río Balsas, se localizan dos estaciones sobre el tramo estudiado: la ESB-019 La Estimucha y la PSB-007 Zirándaro, y la cuenca ya tiene cuatro estaciones de la Red mencionada.

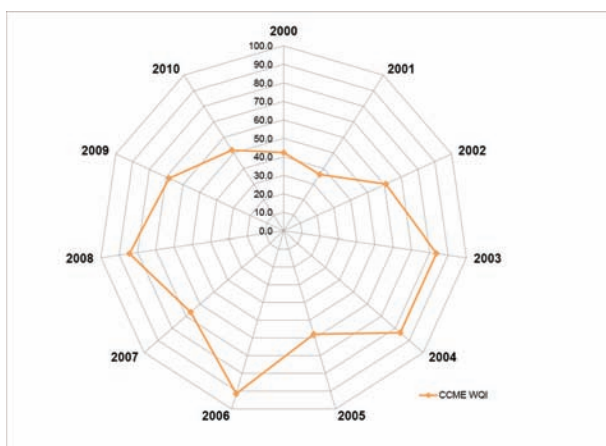


Ubicación y tramo del río Balsas en estudio.

Estaciones de calidad del agua de la Red Nacional de Monitoreo de la CONAGUA.

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	CUERPO DE AGUA	NOMBRE MUNICIPIO	LONGITUD	LATITUD
PSB-001	Los Pinzanes	R. Tacámbaro	Río Tacambaro	Huetamo	-101.103417	18.545056
PSB-007	Zirándaro	R. Balsas - Zirándaro	Río Balsas	Zirándaro	-100.967500	18.452222
PSB-009	Las Querendas (río Cutzamala)	R. Cutzamala	Río Cutzamala	Pungarabato	-100.628444	18.371056
SSB-060	Cutzamala aguas abajo de Altamirano	R. Cutzamala	Río Cutzamala	San Lucas	-100.680667	18.387472
SSB-061	Arroyo Arcelia	R. Balsas - Zirándaro	Arroyo Arcelia	Arcelia	-100.296110	18.325550
ESB-019	Río Balsas-la Estimucha	R. Balsas - Infiernillo	Río Balsas	Zirándaro	-101.360444	18.520527

A la fecha, se tiene la evaluación de los resultados de la RNM y se iniciaron los trabajos de campo en la zona de estudio. Para la estación PSB-007 Zirándaro, el análisis del Índice de Calidad del Agua utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de Canadá para el periodo 2001-2010 fue el siguiente: los datos de calidad del agua clasifican a la estación de "Como muy contaminada a buena"; los valores de índice más bajos se presentaron en los años 2000 y 2001 (42.3 y 36.2); en los años 2002, 2005 y 2010 se clasifica como "Contaminada", con valores de índice de 60.8, 57.9 y 51.8, respectivamente. Los años que presentaron calidad regular fueron 2007 y 2009 (66.7 y 68.3), y los de buena calidad fueron 2003, 2004, 2006 y 2008. Los parámetros que afectan principalmente la calidad son coliformes fecales y sólidos suspendidos totales.



Índice de Calidad del Agua de la estación Zirándaro, de la RNM.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON PETRÓLEOS MEXICANOS

Recuperación de purgas provenientes de torres de enfriamiento, sistemas de generación de vapor y unidades desmineralizadoras de agua (UDA), propuesta para PEMEX GAS

Esta colaboración inició en 2010 y tiene como objetivo desarrollar tecnología para reducir el consumo de agua en los centros procesadores de gas, ya

sea por recuperación de agua de las purgas provenientes de torres de enfriamiento y de sistemas de generación de vapor, o bien por el tratamiento del agua de repuesto que permita incrementar los ciclos de concentración en los complejos Cactus y Nuevo PEMEX, de PEMEXGas.

La caracterización del agua de repuesto, purgas de las torres de enfriamiento y fosas de neutralización de las UDA, realizada en etapas tempranas del proyecto, permitió determinar la estrategia de tratamiento consistente en el tratamiento de purgas por electrocoagulación/nanofiltración, que ha permitido obtener agua de calidad suficiente para ser utilizada en calderas de baja presión.

Durante el primer semestre de 2012, se han realizado pruebas con agua de purgas, mediante la aplicación del tratamiento por coagulación-floculación convencional acoplado a nanofiltración, y se ha demostrado que este procedimiento permite recuperar agua de las purgas de torres con suficiente calidad para ser reutilizada como agua de repuesto en torres de enfriamiento. Así, PEMEX puede decidir el tratamiento a aplicar, de acuerdo con destino que le dará al agua recuperada.

El estudio de caracterización CRETI (características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad), de los lodos producidos en el tratamiento por electrocoagulación, muestra que este material no es tóxico, corrosivo o reactivo, por lo que no requiere una disposición especial.

Por otro lado, se ha continuado el trabajo para mejorar las condiciones de operación de los reactores de electrocoagulación, y también de la evaluación del tratamiento magnético como opción alterna para minimizar las incrustaciones en tuberías y sistemas de intercambio de calor. Sobre este último punto, se ha observado que los efectos del tratamiento magnético son evidentes en el caso de aguas con dureza carbonatada alta, y menos claros si la dureza carbonatada es baja o si el agua posee dureza no carbonatada. Se trabaja en el desarrollo de un prototipo para

aplicación del campo magnético sobre tuberías de materiales no ferrosos.

El desarrollo de este proyecto persigue demostrar que la aplicación de la electrocoagulación, sumada al uso de sistemas de membranas, es una opción técnica y económicamente factible para recuperar agua de purgas en sistemas de enfriamiento. Una vez alcanzado este objetivo, la tecnología propuesta podrá adaptarse a diversos ramos industriales para disminuir los altos consumos de agua, siempre asociados a los grandes sistemas de enfriamiento.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS (CDI)

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

La CDI opera albergues escolares indígenas en 21 entidades federativas de la república mexicana, sumando un total de 1,079. Estos albergues proporcionan servicios de hospedaje y alimentación a niños y niñas indígenas, y constituyen espacios para facilitar el acceso a los diferentes niveles educati-

vos, establecer estrategias paralelas para disminuir los riesgos a la salud, fortalecer la identidad cultural, contribuir en la mejora del estado nutricional y a fomentar actividades de recreación y esparcimiento.

Con el fin de mejorar el nivel de vida de los niños, niñas y jóvenes 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.

Como antecedente, durante 2011 se realizó la habilitación de tecnologías y servicios, como son: un sistema de potabilización de agua; rehabilitación de la fosa séptica e instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de humedales artificiales; un sistema de tratamiento de residuos sólidos orgánicos a través de "pilas" o "camas"; un "centro de acopio" cerrado y techado para la separación de los residuos sólidos inorgánicos; 120 m<sup>2</sup> con riego superficial intermitente por surcos; un sistema fotovoltaico de hasta 8,900 Wh/d de capacidad; un sistema de calentadores solares con una capacidad total de hasta 3,500 l/d; un estanque acuícola; un tanque de almacenamiento de 50 m<sup>3</sup> para recircular el agua al estanque de engorda de peces y/o huerto/invernadero; dos bodegas de 10.9 m<sup>2</sup>, una para herramientas y otra para almacenar semillas y alimento de peces y gallinas; instalación de una caseta con dos baños y conexión al sistema de tratamiento de aguas residuales; puerta de acceso de la secundaria al albergue, y un programa piloto de fortalecimiento en cultura ambiental.

Durante este primer semestre de 2012, se elaboraron diversos materiales de difusión acerca de las tecnologías para los usuarios finales, como son los calentadores solares de agua, sistema fotovoltaico, invernadero y estanque de truchas, sistema de tratamiento de aguas residuales (humedal artificial), sistema de tratamiento de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, entre otros. Las versiones finales de dichos materiales se entregaron a la CDI para su revisión.

Además, se impartieron nueve talleres de capacitación (calentadores solares de agua, sistema fotovoltaico, sistema de potabilización, huerto invernadero, manejo de gallinero, elaboración de composta, cultivo de trucha arco iris, manejo de agua en la cuenca, sistema de tratamiento de aguas residuales a base de humedal artificial) a personal del albergue y público en general.

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, niñas y jóvenes que ahí acuden.



Taller de manejo de estanque de truchas.



Siembra de semilla para el huerto/invernadero.

# TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ENTIDADES Y MUNICIPIOS

## Baja California

### Plantas de tratamiento de aguas residuales, San Antonio de los Buenos, Tijuana

La planta de tratamiento de aguas residuales de San Antonio de los Buenos, municipio de Tijuana, Baja California, tiene una capacidad de 1,100 litros por segundo con un sistema de aireadores superficiales de burbuja gruesa. El proyecto de rehabilitación, ampliación y construcción de la planta consiste en modificar el sistema de tratamiento a lodos activados convencionales, con cogeneración de energía eléctrica con capacidad de 1,500 litros por segundo. El IMTA elaboró la evaluación socioeconómica del proyecto mediante el método de costo-eficiencia, de conformidad con los lineamientos emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, aplicando el indicador de rentabilidad de Costo Anual Equivalente, comparando siete alternativas posibles.

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. Con ello, se cumplirá con los límites máximos de descarga de contaminantes establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996 y en la Ley Federal de Derechos.



Zona de descarga del arroyo San Antonio de los Buenos, al océano Pacífico.



Canal de estructura escalonada con flujo de agua tratada.

Actividad ganadera en el arroyo San Antonio de los Buenos.

Asimismo, contribuirá para obtener la certificación de playas limpias conforme a la Norma Mexicana NMX-AA-120-SCFI-2006, lo cual permitirá mejores condiciones de competitividad internacional en calidad ambiental, sanitaria y turística. Por otra parte, se estará en posibilidad de 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 (CILA), donde ambos gobiernos se obligan a resolver preferentemente los problemas fronterizos de saneamiento.

---

## Chihuahua

---

### Diagnóstico de modernización de las áreas comerciales de los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de Chihuahua, Chihuahua

El IMTA apoyó al JMAS para elaborar un diagnóstico y el proyecto ejecutivo del área comercial de la Junta, para su modernización.

En cuanto al diagnóstico del sistema, se obtuvo que la JMAS cuenta con procedimientos adecuados para dar seguimiento a la instalación y cambio de medidores domiciliarios, toma de lecturas de consumos y reparto de recibos, facturación, inspección de tomas, bajas de usuarios, aclaraciones, etcétera. Esto permite al personal de la JMAS realizar un trabajo eficiente.

Para el pago del servicio, por parte de los usuarios, la JMAS tiene siete sucursales en diversos puntos de la ciudad, con 11 ventanillas para aclaraciones, 16 para pago del servicio y cinco para contratos. Al año se realizaron 2 millones de trámites de pagos con un tiempo de espera de siete minutos en fila y 45 segundos de espera en ventanilla. De una encuesta realizada por el IMTA en ventanillas, se detectó que el 64% de los usuarios consideraron "Bueno" el servicio de atención, 29% "Regular" y 7% como "Malo".



Área de atención a clientes, Sucursal Ocampo.

Se detectaron problemas en los aparatos de toma de lectura *Hand Held*, por lo que es recomendable su actualización, así como de los equipos de lecturas de códigos de barras usados para el cobro del servicio, que permiten una atención rápida a los usuarios. En cuanto al parque vehicular, es necesaria su renovación debido a que el 42.55% de 47 vehículos del área comercial está en malas condiciones.

En el análisis del padrón de usuarios, se detectó que el 25% de los 261,776 medidores domiciliarios (diciembre del 2010), rebasaba los 25 años de instalación, por lo que se hace necesaria una campaña de sustitución.

También del análisis del padrón, se detectaron 43,343 usuarios con rezago mayor a un año (diciembre del 2010), que consumieron el 15.28% del consumo total, que en 2010 ascendió a 61,279,753 metros cúbicos.

Con respecto al proyecto ejecutivo, para la modernización del área comercial se identificaron 13 acciones que la JMAS deberá implementar en un lapso de 18 meses, tales como: renovar el parque vehicular, compra de *hardware*, actualización de los aparatos *Hand Held* y lectores de código de barras, compra de equipo ultrasónico de medición de flujo portátil, compra de 40,000 medidores domiciliarios y establecimiento de una campaña de sustitución de los mismos, adquisición e instalación de cajeros auto-

máticos para facilitar el pago, y equipamiento y consolidación de los programas de cultura del agua.

La implantación de estas actividades representa un costo total estimado cercano a los 43 millones de pesos. De acuerdo con el proyecto ejecutivo, las acciones tendrán un impacto directo sobre la recaudación, al pasar de 79.6 a 90%, la tasa interna de retorno corresponde a 92.1% y el periodo de recuperación de la inversión es de 1.6. Asimismo, se lograrán reducir los tiempos de atención a clientes en un 20%, lo cual significa un beneficio social de \$19.37 millones de pesos.

---

## Coahuila

---

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

Debido a la sobrexplotación de los mantos acuíferos en la región lagunera, en los últimos diez años se ha incrementado de manera importante la concentración de arsénico en el agua que se destina al uso y consumo humano. Por lo anterior, el Sistema Municipal de Agua y Saneamiento de Torreón, Coahuila (SIMAS), solicitó el apoyo del IMTA para la selección, licitación, seguimiento de la construcción, instalación y puesta en marcha de plantas potabilizadoras para remoción de arsénico presente en siete fuentes de abastecimiento. En 2011, el IMTA realizó los diseños funcionales de siete plantas potabilizadoras para remoción de arsénico empleando la filtración directa, así como los términos de referencia presentados en la respectiva licitación pública.

En 2012 se lleva a cabo la supervisión de la instalación y puesta en marcha de las plantas potabilizadoras, la capacitación del personal operativo, y la evaluación y seguimiento del funcionamiento de las mismas. Hasta la fecha, se ha supervisado la construcción de las siete plantas y dado seguimiento a las pruebas de arranque de cuatro de ellas. Se realizaron mediciones en campo de dos plantas que actualmente se encuentran operando (pozos 75 y 65) para evaluar su eficiencia en la remoción de arsénico, así como la dosis del coagulante que requieren para su correcto funcionamiento.



Fabricación de los filtros.



Instalación de los filtros.

El diseño del IMTA está resultando muy exitoso ya que se tienen remociones de arsénico del 90 al 100%, cumpliendo con la NOM-127-SSA1, en ciclos de filtración de 48 horas, con dosis de 3 a 4 mg/L de hierro. Es importante señalar que los filtros se encuentran operando solamente con la energía de los pozos, por lo tanto los costos de operación de estos sistemas resultan ser similares o inferiores a la microfiltración (proceso de membranas comparable a la filtración directa), con la diferencia de que el costo de inversión de la microfiltración es aproximadamente el doble de la filtración directa.

---

## Morelos

---

Red de estaciones agroclimatológicas en las principales regiones agropecuarias de Morelos (operación y calibración de redes de estaciones agroclimatológicas)

La red de estaciones agrometeorológicas de Morelos, que opera desde 2006, monitorea las variables meteorológicas a tiempo real en las principales regiones agropecuarias de esta entidad. A la fecha, se cuenta con desarrollos que optimizan los procesos de recepción, procesamiento y publicación de la información generada por la red. La publicación de esta información a través del portal web, bajo un proceso de actualización permanente, ofrece al productor morelense la información requerida para optimizar sus procesos de cultivos y cosechas de productos agropecuarios. En este año, se logró la calibración de los principales sensores y la aplicación para monitorear la velocidad y dirección del viento

por estación y región por períodos de tiempo, así como la optimización de la generación de gráficas de las principales variables de la estación.



Gráficas de las principales variables.

Rehabilitación y construcción de infraestructura para el almacenamiento de agua de lluvia y transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades de los Altos de Morelos, 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, Morelos, se determinaron acciones específicas para mejorar el abastecimiento de agua y promover el aprovechamiento y tratamiento del agua residual, a ejecutarse en tres etapas.

A la fecha, la primera etapa se encuentra concluida con la instalación de un modelo comunitario para captación de agua de lluvia, la rehabilitación de dos hoyas de almacenamiento y la transferencia de diez paquetes de tecnologías apropiadas (TA) en Felipe Neri, Tlalnepantla.

En la segunda etapa se está concluyendo la transferencia de 640 TA agrupadas en ochenta paquetes integrales para el manejo sustentable del agua en vivienda, conformados por: cisterna de almacenamiento de 50 m<sup>3</sup>, 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. Se lleva a cabo la rehabilitación de seis hoyas de almacenamiento de agua de lluvia, en las que se repara el recubrimiento con geomembrana de polietileno de alta densidad, y se coloca una cubierta flotante de PVC para conservar la calidad del agua almacenada.



Vivienda con paquete de tecnologías apropiadas.

A través de estas acciones, las viviendas con TA contarán con una dotación de agua para uso doméstico de 50 L/hab/día y, con la rehabilitación e instalación de los modelos comunitarios, se tendrá una capacidad de almacenamiento de 43,700 m<sup>3</sup>, que beneficia a una población estimada en 3,396 habitantes.

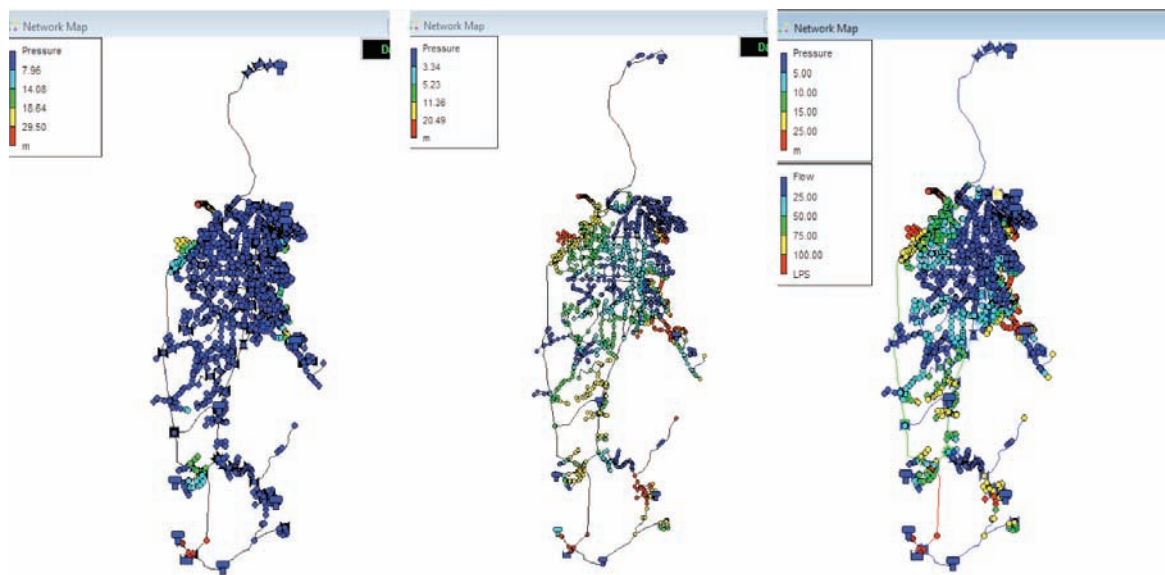
## Puebla

### Proyecto de sectorización de la red de agua potable de Xicotepec de Juárez

El Sistema Operador de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, Xicotepec de Juárez, Puebla (SOSAPAX), tiene registro de 7,850 cuentas y proporciona servicio a 39,803 habitantes. Sin embargo, hay zonas donde el agua llega con baja presión o no llega. Por ello, a pesar de tener red de distribución de agua, ha regresado a cubrir la demanda con pipas de agua. El volumen concesionado por la CONAGUA es de 100 litros por segundo.

A solicitud del SOSAPAX, el IMTA realizó el análisis hidráulico de la red de distribución de agua mediante modelos de simulación hidráulica de la red de agua, los cuales se efectuaron con el funcionamiento actual de la red, con la inclusión de una planta potabilizadora que operará en fechas posteriores, y la sectorización con y sin planta potabilizadora. Se analizó la red en los diversos escenarios y se diseñaron los reforzamientos requeridos. Toda la información de los modelos y reforzamientos se encuentra en un sistema de información geográfica

Con base en los resultados, ya se rehabilitaron algunos tramos de tubería y se han programado los cambios pertinentes.



Red de antes de la sectorización.

Red sectorizada sin PP.

Red sectorizada con PP.

Comparación entre los modelos, tomando en cuenta los posibles escenarios.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES

### Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA)

#### 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 73 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 permiten evaluar y dar seguimiento, de manera práctica y confiable, el 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 representación de la misma de forma inmediata.

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 guarda un avance del 10 por ciento.



Espacio de educación ambiental.

## 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. Bajo este marco de referencia, mediante el proyecto se ha dado seguimiento y se evaluó el funcionamiento, eficiencia y 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.

Se hicieron 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.

---

## Barrancas Cuernavaca, Morelos, y cuenca Amanalco-Valle de Bravo y laguna de Zumpango, Estado de México

---

### Planes Estratégicos para la Recuperación Ambiental de: a) Barrancas Cuernavaca y zona Conurbada, Morelos, b) Cuenca Amanalco-Valle de Bravo y c) Laguna de Zumpango

En el marco de la colaboración con la FGRA para la atención y restauración de cuencas y zonas prioritarias, se elaboró el convenio para la Recuperación Ambiental de a) Barrancas de Cuernavaca, b) Cuenca Valle de Bravo-Amanalco y c) Laguna de Zumpango. Estas zonas prioritarias presentan, como común denominador, una serie de problemas asociados con las actividades antropogénicas, donde intervienen diversos actores que demandan el aprovechamiento de los recursos naturales para la satisfacción de necesidades básicas, el impulso de actividades productivas y el desarrollo económico.

Para la recuperación ambiental de las zonas de estudio, el proyecto considera como punto medular e indispensable la participación y suma de recursos y

voluntades de los tres órdenes de gobierno y la población civil organizada.



Contaminación por residuos sólidos en la Barranca de Amanalco.



Contaminación por residuos sólidos en la laguna de Zumpango.



Contaminación por residuos sólidos en la cuenca Valle de Bravo-Amanalco.

Dentro de las actividades principales, el proyecto contempla un diagnóstico ambiental desarrollado a partir de la consulta y revisión bibliográfica en fuentes públicas de información, consultas y reuniones con expertos en la temática; la identificación de problemas prioritarios, 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. Finalmente y basados en la matriz de problemas prioritarios, se extrae información para generar una ficha de proyectos específicos que establece elementos de verificación que permitan dimensionar la magnitud de los problemas y la importancia de los mismos, lo cual se expresará a través de efectos e indicadores tangibles y medibles.

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

### Aprovechamiento de las aguas residuales del Ingenio Plan de San Luis

El Fideicomiso Ingenio Plan de San Luis (FIPSL) se ubica al oriente de San Luis Potosí, en la región de La Huasteca. Durante la temporada anual de molienda, que abarca los meses de diciembre a mayo, genera aguas residuales producidas por la industrialización de la caña. Esta agua residual o efluente presenta restricciones en cuanto a su calidad física, química y bacteriológica, ya que a la salida del ingenio, algunos parámetros como la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST) presentan concentraciones fuera de norma.

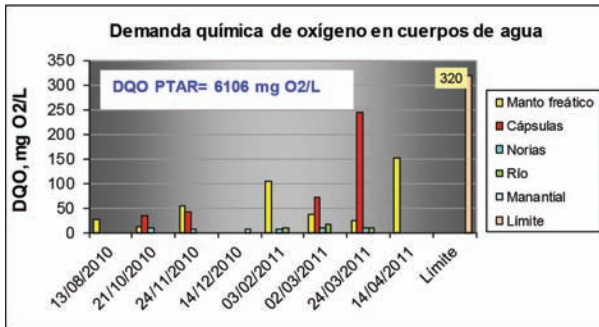
Desde hace aproximadamente cinco años, el ingenio se propuso aprovechar el agua residual para riego de parcelas de caña de azúcar cultivadas en su zona de abasto. Las autoridades del FIPSL solicitaron al IMTA la realización de un proyecto para determinar si el agua residual es factible de ser utilizada, y estudiar su impacto en el suelo y en los cuerpos de agua aledaños.

Para lograr los objetivos, se llevaron a cabo diversas actividades, entre las cuales destaca un levantamiento topográfico detallado para seleccionar la mejor área para riego con el agua residual, la cual fue ubicada al sur de la zona de estudio, donde actualmente se produce caña de temporal y comprende una superficie de 50 ha. Asimismo, se realizó un estudio agrológico con muestreos de suelo espaciales, temporales y estratificados a las profundidades de 0-30, 30-60 60-90 y 90-150 cm; la descripción de los perfiles de suelo; pruebas de infiltración para determinar la conductividad hidráulica a saturación, y un monitoreo temporal y espacial de la profundidad del nivel freático en ocho pozos perforados a 3 m de profundidad. Se tomaron muestras de agua en los pozos de observación para su análisis físico, químico y bacteriológico. Otras actividades relevantes fueron el diseño ingenieril y agronómico de un sistema de riego para utilizar eficientemente el agua residual y la elaboración de un SIG para sistematizar los datos generados en este proyecto.

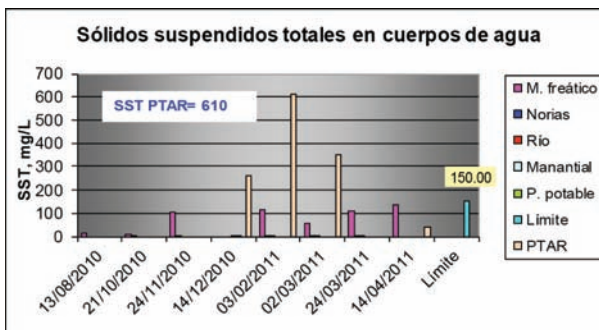
Con las observaciones de los niveles freáticos medidos durante un año, se concluye que la profundidad media del manto freático es mayor a 1.5 m; en consecuencia, un eventual contacto y contaminación del agua residual de riego con el agua freática es muy poco probable si el riego se aplica de forma eficiente.

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 en caña de azúcar no afecta a los suelos irrigados ni a los cuerpos de agua próximos al ingenio, de acuerdo con los parámetros y límites establecidos por la

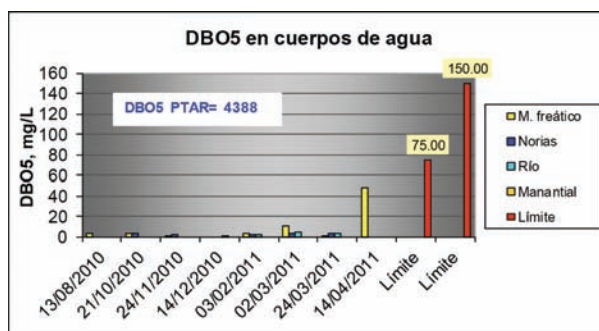
NOM-001-SEMARNAT-1996. El estudio permite señalar que el agua residual que produce el ingenio es apta para el riego de la caña de azúcar, con la condición de que su uso y manejo se apeguen a las recomendaciones y especificaciones de los diseños ingenieril y agronómico del sistema de riego por gravedad, elaborado por el Instituto.



Reducción de la demanda química de oxígeno.



Reducción de los sólidos suspendidos totales.



Reducción de la demanda bioquímica de oxígeno.

# COOPERACIÓN TÉCNICA INTERNACIONAL

## Unión Europea

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

El objetivo de este proyecto, en el Séptimo Programa Marco de proyectos de la Unión Europea, es contribuir a una gestión integral de los recursos naturales mediante el desarrollo de enfoques analíticos y herramientas para el soporte a la toma de decisiones, que contribuyan a resolver los problemas de abasto de agua potable, agua residual, manejo de residuos sólidos y mejoramiento de la agricultura.

Actualmente, las actividades del proyecto se centran en el desarrollo de un estudio de factibilidad de diferentes tecnologías para mejorar el abasto de agua potable, manejo y reúso adecuado del agua residual, y separación y utilización de residuos sólidos en la agricultura para la zona periurbana de Xochimilco, ciudad de México, a través de tres escenarios posibles a desarrollarse en la zona.

Para llevar a cabo este estudio, se han seleccionado diversas tecnologías, cuya eficiencia ha sido probada en otras partes del país. Paralelamente, se ha iniciado una evaluación del impacto económico, una evaluación participativa y una social, que aporten datos de viabilidad acerca de la construcción de dichas tecnologías en el área de estudio, considerando las posibilidades de réplica en otras áreas similares con características periurbanas. El estudio comparativo

se lleva a cabo con El Tigre, una zona periurbana en Buenos Aires, Argentina.



Descargas de aguas a los canales de Xochimilco.



La chinampa y los canales de Xochimilco, una tecnología a recuperar.

## ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

### Asistencia técnica en agua potable, alcantarillado y saneamiento al Programa para Fortalecer la Gestión Efectiva y Democrática del Agua y Saneamiento en México (PCAyS)

La ONU, a través del Fondo para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, generó el PCAyS para Chiapas, Tabasco y Veracruz, con la finalidad de impulsar el desarrollo de las capacidades institucionales y de la sociedad con objeto de mejorar la calidad de los servicios de agua y saneamiento en beneficio de la población, especialmente la marginada.

En el PCAyS participaron las siguientes agencias de la ONU: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Organización Panamericana de la Salud (Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud), Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El IMTA apoyó a la Coordinación del PCAyS en la integración de los principales resultados obtenidos en cada agencia para los municipios seleccionados, en cada uno de los siguientes ejes temáticos: Marco legal/institucional, Sistemas de agua estatales y muni-

cipales, Desarrollo comunitario, Salud, Vulnerabilidad y riesgos, Género y etnia, y Educación y comunicación.

Los principales resultados de este proyecto fueron la elaboración de dos tipos de documentos: documentos estatales y Caja de Herramientas. En los documentos estatales, uno por estado, se integraron y sintetizaron los diagnósticos, logros y recomendaciones de cada una de las agencias. En la Caja de Herramientas, se integraron las principales herramientas de gestión social, tecnologías, modelos demostrativos y metodologías que, en el marco del PCAyS, tuvieron mayor impacto en beneficio de la población, a fin de dejar constancia de estas experiencias para que otras comunidades con problemáticas similares a las áreas de intervención del Programa las repliquen.

Los documentos fueron entregados en formatos impresos con su respaldo magnético, así como en formato de libro digital para facilitar su consulta en la web.



Documentos estatales y Caja de Herramientas del PCAyS.

## UNESCO

### Seminario Internacional Gobernanza del Agua: del Concepto a la Implementación

En el marco de las actividades de la cátedra UNESCO-IMTA: *El Agua en la sociedad del conocimiento*,

el 23 de febrero, en la ciudad de México, con más de ochenta participantes presenciales y trescientos seguidores a través de Internet, se llevó a cabo el Seminario Internacional Gobernanza del Agua: del Concepto a la Implementación”

Organizado por la SEMARNAT, a través del IMTA, con la colaboración de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, el Centro del Agua para América Latina y el Caribe, el Foro del Agua de las Américas y la Cátedra UNESCO-IMTA, el seminario reunió a 25 de los más reconocidos expertos en la materia provenientes de Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Francia, Guatemala, Honduras, México, Perú, Uruguay México.

Las presentaciones y discusiones del seminario, donde se compartieron experiencias, reflexiones y propuestas en torno a la gobernanza del agua, constituyen un sólido aporte para avanzar en el diseño de respuestas normativas que permitan su implementación práctica en la gestión del recurso ante los retos hídricos que enfrentan estos países.

Las conclusiones del seminario constituyeron un importante aporte de la región Latinoamericana para el Sexto Foro Mundial del Agua.

### Impartición del curso Evaluación de efectos de la sequía aplicando técnicas de geomática

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y como parte de las actividades de la cátedra UNESCO-IMTA: El Agua en la sociedad del conocimiento y la Comisión del Agua del Estado de Durango llevaron a cabo el taller “Evaluación de efectos de la sequía aplicando Técnicas de Geomática”, el 22, 23 y 24 de mayo en la Ciudad de Durango

Dicho evento tuvo como objetivo Caracterizar efectos de la sequía que se manifiestan geográficamente en la región de la ciudad Durango, empleando cartografía digital, imágenes de satélite y elementos básicos de análisis espacial.

## Programa Hidrológico Internacional (PHI)

El Comité Nacional Mexicano del Programa Hidrológico Internacional (Conamexphi), brindó apoyo para la realización de la primera reunión del Proyecto de Cooperación Técnica RLA/7/016: Evaluación del Uso de Isótopos Ambientales de Acuíferos Intensamente Explotados en Latinoamérica, a celebrarse en el IMTA. Asimismo, se apoyó la edición del libro *Culturas del agua y cosmovisión indígena en un contexto de diversidad cultural*, conformado por artículos y ensayos que abordan aspectos teóricos relacionados con el tema de culturas del agua, cosmovisión y sustentabilidad ambiental en regiones indígenas actuales, así como por estudios específicos que documentan, desde una perspecti-

va histórica, etnográfica o antropológica, las formas culturales que están asociadas con un uso y manejo sustentable del agua en pueblos indígenas.

Por otra parte, se participó en las reuniones de la Mesa del PHI y en la XX Sesión del Consejo Inter-gubernamental del PHI, donde se discutieron, entre otros, los planteamientos para la VIII Fase del PHI y la propuesta de nuevos centros categoría 2 del PHI/ UNESCO. Durante la misma Sesión XX, el Consejo eligió a los vicepresidentes que forman la denominada Mesa del PHI, órgano auxiliar del Consejo compuesto por seis miembros, uno por cada región en que el PHI ha dividido al mundo. Uno de los miembros es el Dr. Polioptro F. Martínez Austria, quien fue reelecto por un periodo adicional de dos años. Los delegados secundaron la propuesta presentada por los miembros del Consejo de la Región III por unanimidad.

Finalmente, se dio mantenimiento a la página web del Comité, instrumento de divulgación de noticias y documentos técnicos del Comité Nacional del PHI de México que, de enero a la fecha, ha acumulado alrededor de 15,000 visitas.



Página web Conamexphi.

---

# FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

---

## 1.3

---

### Programa de Capacitación Presencial para el Sector Hídrico 2012

---

Como cada año, el IMTA ha preparado su oferta de capacitación para el sector hídrico contando con el apoyo de 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.

Como los especialistas del Instituto regularmente desarrollan proyectos orientados a la solución de los problemas específicos, al participar como instructores en nuestros cursos de capacitación aportan su experiencia haciendo más eficiente el proceso de enseñanza-aprendizaje.



Curso Modelación del Esguerriminto en Cuencas con HEC-HMS.

Con objeto de fortalecer las capacidades del sector, para este año se programaron diversos cursos. Entre las temáticas abordadas se encuentran: el tratamiento de aguas residuales, modelación hidráulica e hidrológica, análisis de laboratorio en muestras de agua, entre otros.

Al mes de junio, se han llevado a cabo seis de cuatro cursos programados, con una asistencia total de

55 participantes. Los asistentes a los cursos proceden de diferentes sectores, lo que da cuenta de la diversidad y composición de los grupos. Algunos pertenecen al sector privado, otros a dependencias federales y municipales, y, además, por segundo año consecutivo, se contó con la presencia de dos participantes de Venezuela.



Participantes del curso Aspectos microbiológicos de calidad del agua, en una práctica de laboratorio.

## Posgrado IMTA

El pasado mes de diciembre de 2011 concluyeron los cursos de la segunda generación de la maestría en Ciencias del Agua. De 18 matriculados, diez cubrieron el 100% de créditos: seis del área de Gestión Integral del Agua de Cuencas y Acuíferos, y cuatro del área de Hidrometeorología y Meteorología Operativa. Además, concluyeron los cursos del 6° cuatrimestre de la segunda generación del doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua.



Alumnos de la segunda generación de la maestría en Ciencias del Agua.

En enero de 2012 se llevó a cabo el primer examen de grado de la primera generación del doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua; poco tiempo después, el 24 de mayo, se celebró el segundo examen de grado de esta misma generación.

A finales del año pasado, el Comité Técnico y de Administración del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua, en su 2ª reunión extraordinaria, autorizó llevar a cabo la 3ª generación de la maestría en Ciencias del Agua y del doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua, efectuándose la firma del convenio modificatorio el 25 de enero por parte del IMTA, la CONAGUA y el CONACYT.

Como consecuencia de lo anterior, fue lanzada el pasado 27 de abril la convocatoria para el proceso de selección e ingreso a esta 3ª generación, y se tiene programado iniciar los cursos en enero del próximo año.

**FONDO SECTORIAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO SOBRE EL AGUA**  
Comisión Nacional del Agua - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**EL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**

**CONVOCA**

Al personal de la CONAGUA y otras instituciones vinculadas al sector hídrico a cursar estudios de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AGUA**  
Modalidad: semipresencial (sesiones por videoconferencia y presenciales)  
Duración: seis cuatrimestres (seis años)

**Áreas de Concentración**  
Gestión Integral del Agua de Cuencas y Acuíferos  
Hidrometeorología y Meteorología Operativa

**DOCTORADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DEL AGUA**  
Modalidad: investigación  
Duración: nueve cuatrimestres (tres años)

<p><b>DOCUMENTACIÓN REQUERIDA</b></p> <p><b>Maestría</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acta de nacimiento.</li> <li>• Título y cédula profesional de licenciatura.</li> <li>• Certificado de estudios de licenciatura que avale un promedio mínimo de 8.0 o equivalente.</li> <li>• Dos cartas de recomendación académica o profesional.</li> <li>• Carta de exposición de motivos.</li> <li>• Carta compromiso.*</li> <li>• Carta de postulación firmada por una autoridad superior.*</li> <li>• Curriculum vitae.*</li> </ul> <p><b>Doctorado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acta de nacimiento.</li> <li>• Certificado de estudios, título y cédula profesional de licenciatura.</li> <li>• Grado académico y cédula profesional de maestría.</li> <li>• Certificado de estudios de maestría que avale un promedio mínimo de 8.0 o equivalente.</li> <li>• Dos cartas de recomendación académica o profesional.</li> <li>• Carta de exposición de motivos.*</li> <li>• Carta compromiso.*</li> <li>• Carta de postulación firmada por una autoridad superior.*</li> <li>• Protocolo de la investigación a desarrollar.*</li> <li>• Curriculum vitae.*</li> </ul> <p>* Formatos proporcionados por el IMTA.</p>	<p><b>PROCESO DE SELECCIÓN</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enviar como electrónico a <a href="mailto:posgradoimta@itatic.imta.mx">posgradoimta@itatic.imta.mx</a> solicitando su participación como aspirante y los formatos a llenar, dirigido al Jefe del Programa de Posgrado.</li> <li>2. Enviar como electrónico a <a href="mailto:posgradoimta@itatic.imta.mx">posgradoimta@itatic.imta.mx</a> con la documentación requerida en formato "pdf". Período de recepción: 2 de mayo al 31 de julio de 2012.</li> <li>3. Presentar el examen EXANI III (orientación a la investigación) del CENEVAL y obtener al menos 1000 puntos.</li> <li>4. Presentar examen de inglés (TOEFL interno) y obtener al menos 450 puntos para maestría y 480 puntos para doctorado.</li> <li>5. Presentarse a entrevista técnica y obtener dictamen favorable.</li> </ol> <p>Los exámenes y la entrevista se realizarán en el IMTA, en los siguientes periodos opcionales:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1a. aplicación</th> <th>2a. aplicación</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Agosto 2012</th> <th>Septiembre 2012</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entrevistas</td> <td>1</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>EXANI III</td> <td>2</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Examen de inglés</td> <td>3</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Notificación de resultados: 26 de octubre de 2012.</li> <li>7. Envío de cartas de aceptación y pre-inscripciones: 16 al 20 de noviembre de 2012.</li> </ol>		1a. aplicación	2a. aplicación		Agosto 2012	Septiembre 2012	Entrevistas	1	19	EXANI III	2	20	Examen de inglés	3	21
	1a. aplicación	2a. aplicación														
	Agosto 2012	Septiembre 2012														
Entrevistas	1	19														
EXANI III	2	20														
Examen de inglés	3	21														

**Inicio de cursos: 14 de enero de 2013**

**NOTAS:**

1. Los costos de los exámenes serán cubiertos por el aspirante.
2. Para aplicar el EXANI III, el aspirante deberá inscribirse en el sitio <http://www.ceneval.edu.mx> en los periodos que serán indicados, proceder al pago y enviar número de foto asignado por CENEVAL a [posgradoimta@itatic.imta.mx](mailto:posgradoimta@itatic.imta.mx).
3. Los aspirantes que deseen, podrán aplicar el EXANI III (orientación a la investigación) en las sedes nacionales programadas para el 26 de mayo y 21 de julio de 2012. Consultar el sitio <http://www.ceneval.edu.mx>.

**Jefe del Programa de Posgrado**  
**Dr. Alejandro Sainz Zamora**

Mayor información: <http://www.imta.edu.mx>

Convocatoria para la 3ª generación.

# Producción de material didáctico y generación de método de evaluación

La generación de materiales didácticos inéditos y la capacitación de quienes laboran en los espacios de cultura del agua en los municipios y en los estados son las dos líneas de trabajo importantes planteadas en el Programa Federalizado de Cultura del Agua, implementado en esta administración, basado en los resultados del proyecto que el IMTA desarrolló con la CONAGUA en 2009.

La divulgación del conocimiento sobre temas ambientales relacionados con el agua, con énfasis en

la población no especializada, requiere de materiales innovadores. Por ello, se inició la producción de tres materiales que atienden el conocimiento de las cuencas, el conocimiento de la relación agua-salud y el ciclo de agua en ambientes semiáridos.

En cuanto a la capacitación, a partir del diagnóstico *Detección de necesidades de capacitación 2009* que realizó el IMTA para CONAGUA, así como de programas didácticos, se han integrados dos catálogos de capacitación: uno apegado al Programa Federalizado, donde se promueven 12 cursos y talleres, y el segundo, basado en los convenios de colaboración con instituciones internacionales, tales como UNESCO-PHI y la Universidad de Twente, Holanda.

En cuanto a la colaboración con instituciones de la sociedad civil, la Educación por la Excelencia, de la Fundación ExE Formación con Valores, encomendó al IMTA el desarrollo de los temas "Agua" y "Basura" para nueve libros intitulados *Educación por la*



experiencia, seis dirigidos a niños de los seis grados de educación primaria y tres a sus padres. Los libros ya fueron editados por la Fundación.



Portadas de los nueve libros.

## Certificación de competencia laboral en el sector agua

El Sistema Nacional de Competencia Laboral mexicano comprende dos etapas. La primera considera la elaboración y desarrollo de estándares de competencia (EC), base técnica fundamental en la que se sustenta el proceso de evaluación y certificación de los candidatos y, la segunda, es el proceso de capacitación de reforzamiento de conocimientos y cumplimiento de los requisitos que exige el estándar de competencia, según sea la función que desempeñe el trabajador.

En lo que respecta al desarrollo de estándares de competencia (EC), las “Reglas generales y criterios para la integración y operación del sistema nacional de competencias”, publicadas en el *Diario Oficial de la Federación* el 27 de noviembre de 2009, establecen que se debe formar un comité sectorial que atienda de manera estratégica la elaboración de los EC. Por ello, el IMTA realizó las gestiones necesarias ante el CONOCER para convocar a las instituciones que forman el sector agua en México: CONAGUA, la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS), la Asociación Nacional de Usua-

rios de Riego (ANUR), la Asociación Nacional de Expertos en Irrigación (ANEI), la Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH) y el CONOCER para instalar, coordinar y dirigir las actividades del Comité. El IMTA asumió la presidencia del Comité de Gestión por Competencias del Sector Hídrico (CGCSH) por dos años (2010- 2012). En este lapso se han desarrollado y propuesto para la aprobación del Comité 16 estándares de competencia, estableciendo así las bases sólidas del sistema para el ejercicio transparente y ordenado que permita realizar la certificación de competencia laboral de los trabajadores del sector a nivel nacional.

Para realizar estas actividades en el sector agua, en 2011 el IMTA obtuvo la “Cédula de Acreditación”, por parte del CONOCER, como Entidad de Certifica-



Estructura del Comité de Gestión por Competencias del Sector Hídrico.



Cédula de Acreditamiento del IMTA como ECE.

ción y Evaluación (ECE), para llevar a cabo la certificación de competencia laboral en nuestro sector.

Con esta acreditación, el IMTA está facultado para ofrecer servicios relacionados con: la capacitación de reforzamiento en los estándares de competencia del sector, realizar procesos de evaluación de competencia laboral, certificar la competencia laboral de los trabajadores del sector y acreditar centros de evaluación y evaluadores independientes que coadyuvan a la atención de solicitudes de certificación de dependencias federales, comisiones estatales de agua y saneamiento, y de los organismos municipales de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Asimismo, se han atendido solicitudes de certificación de competencia laboral para la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Tabasco (CEAS), la Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEA-BC), el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guadalajara, Jalisco (SIAPA) y de la Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV).

Para la CEAS, el IMTA propuso implementar un esquema completo de capacitación basado en Normas Técnicas de Competencia Laboral (NTCL) y en EC, a través de la ECE del IMTA, con la finalidad de establecer un Servicio Civil de Carrera, así como realizar el seguimiento y evaluación periódica de la capacitación ejecutada, con el objetivo de certificar a 1,000 empleados, meta sin precedentes en el ámbito nacional.

Los EC aprobados por el Comité, junto con las NTCL del CONOCER, nos han permitido capacitar a 1,120 personas y certificar a 943 personas en el sector agua a nivel nacional.



Personal capacitado y certificado de la CEA-BC.



Personal capacitado y certificado de CEAS-Tabasco.

## 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 empresarialmente 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, 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 mediante 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 autogenerar más empleos, disminuir los costos de producción y así ser más competitivos en el mercado. Con este programa, se logra transformar a los productores tradicionales en empresarios agrícolas.



Productores definiendo el proyecto de la comercializadora de la unidad Los Becos, Sinaloa.



Productores participando en la elaboración del proyecto de fábrica de escobas de la unidad Laguna de Beltranes, Sinaloa.



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

---

# PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

---

## I.4

---

### Revista Tecnología y Ciencias del Agua

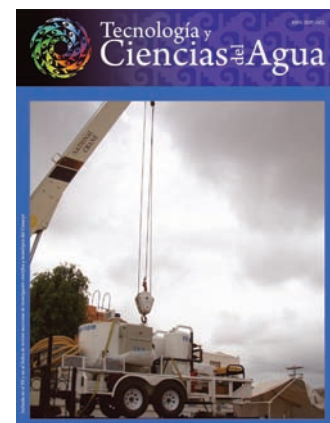
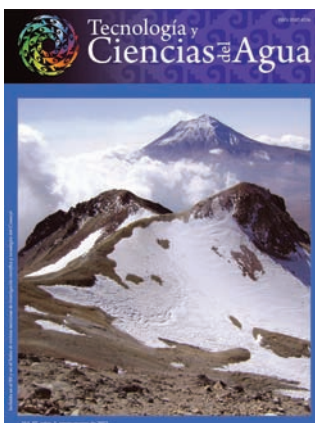
---

En el presente año se han editado dos números de la revista: vol. III, núm. 1, enero-marzo y vol. III, núm. 2, abril-junio, tanto en versión impresa como digital (ISSN 0187-8336 de la versión impresa; ISSN 2007-2422 de la versión digital), y un número especial, Vol. III, TyCA-RETAC, febrero-marzo 2012.

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 distribuye a 1,600 suscriptores, tanto de México como del extranjero.

De enero a junio, la página web tuvo 30,583 visitas, provenientes de 79 países de quinientas ciudades.



Portadas de los dos números de la revista y el número especial, 2012.

Los diez países desde donde se tiene mayor número de visitas son, en orden de importancia: México, Colombia, España, Perú, Venezuela, Chile, Argentina, Ecuador, Estados Unidos, Bolivia. Las diez ciudades desde donde se visita más la página son, en orden descendente: México, D.F., Bogotá, Colombia; Guadalajara, Cuernavaca, México; Caracas, Venezuela; Santiago, de Chile; Puebla, Tepic y Toluca, México. El porcentaje de visitas nacionales en este periodo fue de 59% y 41% del extranjero.

De enero a junio, se enviaron por correo electrónico 861 artículos en versión PDF (texto completo) a personas que los solicitaron desde diversos países como: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, Estados Unidos de América, Guatemala, Italia, México, Panamá, Perú y Venezuela. Las solicitudes se recibieron a través de la página web de la publicación.

---

## 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 nuevos servicios de información especializados 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; seis 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 consultas, por lo que se tuvieron 24,615 accesos al catálogo general, se consultaron 2,807 títulos de revistas y se obtuvieron 4,748 artículos a texto completo.

En el marco de la celebración del Día Mundial del Libro, se llevó a cabo una muestra de las publicaciones y servicios de información que institutos y centros de investigación de Morelos ponen a disposición de la sociedad para la gestión sustentable de los recursos naturales, con lo que se busca crear un espacio para fomentar la lectura, intercambiar experiencias y conocimiento. Las instituciones participantes fueron: el Instituto Nacional de Geografía e Informática, el Instituto Nacional de Salud Pública, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, EBSCO, la Editorial Trillas, la distribuidora de libros Arte y Cultura y el IMTA.

Asimismo, con el fin de compartir el conocimiento generado y facilitar el aprendizaje organizacional, el CENCA desarrolla un repositorio institucional, archivo electrónico que incluye la producción científica, tecnológica, intelectual y académica del IMTA, formado por colecciones digitales que se captan y preservan para difundir dicha producción. A la fecha, se han registrado 76 artículos publicados en las revistas *Ingeniería Hidráulica en México* y *Tecnología y Ciencias del Agua*.



# Comunicación institucional

El IMTA tiene entre sus funciones principales la disseminación 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

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 en diversos establecimientos de EDUCAL y Librerías Gandhi. En este semestre, se comenzó a trabajar con la distribuidora Arte y Cultura en 18 puntos de venta.

Se publicaron el *Informe Anual IMTA 2011* y el libro *Vulnerabilidad socioambiental frente al cambio climático en la cuenca del río Huehuetán, Chiapas*.



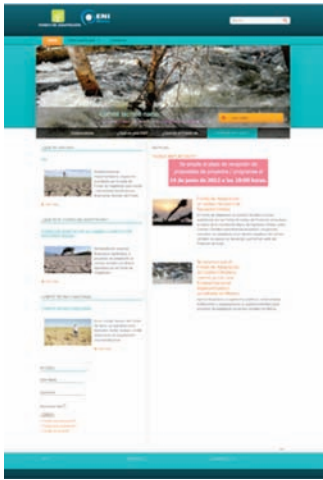
Por otra parte, se está trabajando en los procesos editoriales de varios libros, entre ellos: *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*. Vol. IV; *Sequía y cambio climático en México*; *Instrumentos legislativos y económicos de política pública: hacia el logro de la gestión integrada del agua en México*, y *Riego por aspersión: enfoques agrónomo, estadístico, hidráulico y económico*.

## Sistemas informáticos y sitios web

En 2012 se llevaron a cabo las actividades de diseño, desarrollo, mantenimiento, operación y actualización de la Red de Sitios IMTA. Asimismo, de los 21 sitios con que cuenta la Red, se realizó el mantenimiento y actualización de 15 sitios institucionales y temáticos.

Por otro lado, se ha dado cumplimiento a los lineamientos de imagen y contenido establecidos por el Sistema Internet de la Presidencia (SIP) para los sitios web institucionales, con la finalidad de llevar a cabo una evaluación en julio de 2012. Uno de esos requerimientos fue el relacionado con lo dispuesto por el artículo 41 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, durante el tiempo que comprendan las campañas electorales y hasta la conclusión de la jornada comicial, donde se suspendió la difusión en los medios de comunicación social de toda propaganda gubernamental. Por ello, a partir del 30 de marzo y hasta el 1 de julio de 2012, inclusive, se suspendió el acceso a las secciones de este portal de Internet que contienen difusión de programas, acciones, obras o logros de gobierno.

La Red de Sitios IMTA, en su conjunto, registró un total de 592,635 visitas de enero a mayo. Destacan, entre ellas, las 355,153 correspondientes a los portales IMTA y ATL.



Se desarrolló un sitio web para la Entidad Nacional Implementadora del Fondo de Adaptación al cambio Climático, que será utilizado para dar seguimiento a las propuestas de proyectos que se reciban.



## Boletines electrónicos

En 2012 se publicaron dos números de la Gaceta del IMTA. Adicionalmente, de enero a mayo, se enviaron mensualmente los boletines electrónicos; *Boletín de Novedades Atl*, *Boletín Conamexphi* y boletín *IMTA-net*, dirigido este último a los empleados del Instituto.



## Producción radiofónica

El programa *Planeta Agua*, que entra en su octavo 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 conteni-

dos, 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 2012 se han publicado dos 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 3,600 lectores ubicados en el sector medio ambiente. La gaceta también puede consultarse en la página web institucional: [www.imta.gob.mx](http://www.imta.gob.mx).



## Producción de videos

El material audiovisual producido en el IMTA constituye un valor agregado a los productos y servicios prestados, como parte de las estrategias aplicadas a la solución de la problemática existente en el sector hídrico. Durante el primer semestre de 2012, se ha realizado el siguiente material audiovisual:

Producción del video *IMTA: por una gestión sustentable del agua*, documento audiovisual del informe anual de actividades del IMTA 2011.

Producción del video *La fortaleza del CEAS, está en su gente*, como parte del proyecto *Certificación de Competencias Laborales para el personal del CEAS, Tabasco*.

Grabación de ponencias y transmisión en vivo a través de Internet, del seminario *Gobernanza del Agua*,

del Concepto a la Implementación, realizado en febrero.

Como parte del ejercicio de la comunicación interna del Instituto, se realizó la edición y producción audiovisual de una entrevista con el M. en C. Jorge Hidalgo Toledo, para su difusión en *ImtaNet* dentro de la sección "Entre-vistas".



## Artículos publicados por especialistas

Al primer semestre, especialistas del IMTA han publicado 12 artículos científicos, 22 artículos de divulgación y 25 capítulos en libros. Entre las revistas donde se han publicado los artículos se encuentran: *Water Resources Management*; *Tecnología y Ciencias del Agua*; *Mapping*, *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*; *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*; *Dynamic soil, dynamic plant*, *Global Sciences Books*; *Water Science and Technology*, *IWA Publishing*; *Terra Latinoamericana* y *Ciencia Ergo SUM*.



# OTRAS ACTIVIDADES RELEVANTES



## 1.5

## Sexto Foro Mundial del Agua en Marsella

Del 12 al 17 de marzo se llevó a cabo el Sexto Foro Mundial del Agua en Marsella, Francia. En él participaron más de 180 países, con la representación de 1,400 funcionarios regionales y nacionales, la presentación de más de 1,500 soluciones a los

problemas del agua y con una afluencia de 35,000 asistentes al Foro.

En el Foro, uno de los temas transversales fue el de gobernanza del agua, tema que el IMTA ha venido desarrollando desde hace varios años. En la sesión “La Gobernanza del agua en México: un enfoque multisectorial”, realizada en el Pabellón México, el Instituto presentó las conclusiones del Seminario Gobernanza del Agua: del Concepto a la Implementación, celebrado en febrero en la ciudad de México.



Presentación de las conclusiones del Seminario en el Foro Mundial del Agua en Marsella. De izquierda a derecha: Nathalie Seguin (FANMEXICO), Ron Sawyer (Sara Transformación) y Daniel Murillo (IMTA).

---

## IMTA, acreditado como Entidad Nacional Implementadora

---

En marzo de 2012, el IMTA fue acreditado como la Entidad Nacional Implementadora (ENI) en México por el Fondo de Adaptación al Cambio Climático, derivado del protocolo de Kioto, de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

La ENI es el organismo responsable de supervisar los proyectos financiados a través del Fondo de Adaptación, y de administrar los fondos que reciba del mismo. La ENI asume la responsabilidad total por la gestión general de los proyectos o programas financiados por este Fondo, haciéndose cargo de todas las responsabilidades financieras, seguimiento y presentación de informes.

Para su funcionamiento, la ENI México nombró un Comité Técnico Nacional, que dictamina las pro-

puestas de proyectos antes de ser sometidas al aval de la Autoridad Nacional Designada, y luego aprobadas o rechazadas, por el Fondo de Adaptación.

La ENI también cuenta con la Coordinación Ejecutiva, grupo interno de trabajo conformado por: Presidente, Coordinador, Secretario Técnico, Secretario Administrativo, Enlace Internacional y personal de apoyo quienes, entre sus funciones principales, tienen las de convocar la presentación de propuestas de proyectos/programas, recibirlas, revisar que cumplan en tiempo y forma, enviarlas para su dictamen y, en su caso, aprobación.

El pasado 9 de mayo se abrió la convocatoria para acceso a recursos del Fondo de Adaptación al Cambio Climático 2012, recibándose un total de 42 propuestas que están en revisión por parte del Comité Técnico Nacional que fue instalado el 12 de junio. Asimismo, se ha invitado a participar como observadores de proceso de integración y presentación de proyectos y programas a consultores del PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

---

# PREMIOS Y DISTINCIONES

---

## 1.6

- El artículo “Ground Banking in the Rio Grande Basin”, del Dr. Carlos Patiño Gómez, fue seleccionado para recibir el 2012 Best Policy-Oriented Paper Award. El artículo se publicó en el *EWRI-ASCE Journal* del Water Resources Planning and Management (Sandoval-Solis S., Mckinney D.C., Teasley R.L., and Patiño-Gómez C.).
- Dr. Víctor Alcocer Yamanaka, reconocimiento por Antigüedad Docente (diez años), otorgado por la Facultad de Ingeniería-Unión de Profesores, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), mayo 2012; miembro del Sistema Estatal de Investigadores 2011. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos-Gobierno del Estado de Morelos, febrero 2012, y miembro del Sistema Nacional de Investigadores (2012-2015). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Dr. Velitchko Tzatchkov, miembro del Sistema Estatal de Investigadores 2011. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos-Gobierno del Estado de Morelos, febrero 2012, y miembro del Sistema Nacional de Investigadores (2009-2012). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Dr. Carlos E. Mariano Romero, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (2009-2013). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Dr. José Luis Martínez Ruiz, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (2012-2014). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Durante la Sesión XX del Consejo Intergubernamental del Programa Hidrológico Internacional, el Dr. Polioptro F. Martínez Austria fue reelecto por un periodo adicional de dos años como vicepresidente del PHI.

# ANEXOS

## Relación de patentes (al primer semestre de 2012)

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 aireación y circulación de lagos y embalses y método de operación.	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.	Título 227928
7	Mezcla cruda para la producción de Clinker de cemento tipo Portland resistente a la corrosión microbológica.	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 con aire.	Título 250205
10	Formulación de micoherbicida para el control del lirio acuático.	Título 286577
11	Utilización del tabachín y de la jacaranda en biofiltros utilizados en el tratamiento de aguas residuales (copropiedad IMTA/CRIQ).	Título en trámite/ Convenio de licenciamiento en firma
12	Estructura para disipación de energía y aireación de corrientes.	Examen de fondo
13	Limitador de gasto para redes de riego a presión.	Examen de fondo
14	Banco de pruebas para válvulas de hidráulica de compuerta y mariposa 2" hasta 12".	Examen de fondo
15	Método para producir un medio filtrante orgánico activado con basidiomicetos y métodos para su uso en biofiltros para remover moléculas recalcitrantes, color y reducir toxicidad en aguas residuales.	Examen de fondo

16	Remoción de arsénico por electrocoagulación utilizando un reactor a flujo a flujo pistón 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/ Patente licenciada
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 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 cultivo de hidroponía.	Examen de fondo
22	Orientador de flujo en vertederos de abanico.	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.	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

## 2 Vinculación con centros de investigación y desarrollo tecnológico y universidades (2012)

Proyecto	Institución	Objetivo
Edición del libro <i>Agua y territorio: derechos de los ciudadanos y organización administrativa</i> .	Colegio de México.	Producir el libro <i>Agua y territorio: derechos de los ciudadanos y organización administrativa</i> .
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.	Realizar una nivelación geodésica de primer orden en aproximadamente 250 km de circuitos dentro de la zona con hundimientos del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California.
Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.	Universidad Nacional Autónoma de México-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.	Investigación relacionada con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.
Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.	Universidad Nacional Autónoma de México.	Instalar y dejar en operación el equipo de cromatografía, e iniciar los trabajos experimentales.
Red de estaciones agroclimáticas en las principales regiones agropecuarias del estado de Morelos.	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.	Mantener la red de estaciones agroclimáticas del estado de Morelos funcionando para obtener información en tiempo real.
Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas IMTA-CRIQ.	Centre de Recherche Industrielle de Québec.	Trabajos de gestión e implementación de un sistema a escala real en una granja porcina, de acuerdo con la metodología global del proyecto multianual.
Posgrado conjunto IMTA-UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México.	Coordinar y administrar el Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México Campus Morelos, en lo que corresponde a los posgrados en Ingeniería Hidráulica y Ambiental.

### 3 Catálogo de proyectos en desarrollo durante 2012 (junio)

<b>Programa de Gestión Integral y Sustentable del Agua</b>
<b>EJES PLAN NACIONAL DE DESARROLLO:</b>
Eje 4. Sustentabilidad ambiental
Eje 5. Democracia efectiva y política exterior responsable
<b>PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (Objetivos Rectores):</b>
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
<b>OBJETIVOS RECTORES IMTA:</b>
OR1. Contribuir a la gestión sustentable del agua a través del conocimiento, la tecnología, la formación de recursos humanos y la innovación.
<b>Proyectos con recursos fiscales</b>
CP1203.1 Gobernanza del agua.
CP1204.1 Vulnerabilidad socioambiental frente a eventos meteorológicos extremos.
DP1240.1 Determinar los efectos y evaluar los costos del cambio climático en OOAPAS.
HC1205.1 Instalación y evaluación de un modelo de casa ecológica autosustentable en agua y energía para el medio urbano.
HC1206.1 Indicadores de gestión prioritarios en organismo operadores.
HC1208.1 Actualización de criterios de diseño geotécnico para bordos de protección.
RD1210.1 Impacto del cambio climático en el ensaltramiento de los suelos en un distrito de riego.
TC1222.1 Impacto del cambio climático en la calidad del agua y propuesta de políticas públicas a la dependencia competente.
TH1202.1 Estado del arte de la remediación de acuíferos sobreexplotados.
TH1203.1 Estado del arte de la ingeniería climática.
TH1204.1 Priorización de un portafolio de medidas de adaptación al cambio climático para el sector hídrico.
TH1205.1 Formulación de un programa de manejo de la sequía en las regiones del norte del país afectadas por este fenómeno.
TH1207.1 Coordinar las actividades del Comité Nacional de México del Programa Hidrológico Internacional (Conamexphi).
<b>Proyectos con ingresos propios</b>
CP1229.2 Acciones complementarias de seguimiento a playas de Quintana Roo.
DP1242.4 Asistencia técnica en agua potable, alcantarillado y saneamiento del Programa para Fortalecer la Gestión Efectiva y Democrática del Agua y Saneamiento en México.
HC0831.7 Evaluación integral (eficiencia, capacitación, seguimiento y apropiamiento) de humedales.
HC0851.7 Rehabilitación de los tramos críticos de la red de alcantarillado y el colector principal al humedal de Erongarícuaro.
HC0853.7 Sustentabilidad de los OOAPAS ribereños.

HC1125.3 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 ejecutarse en los municipios de Tlalnepantla, Tepoztlán, Huitzilac, Atlatlahucan y Totolapan.
HC1133.2 Estudio simplificado de la situación del Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado, Xicotepec de Juárez, Puebla.
HC1135.3 Estudio de diagnóstico y planeación integral de la Junta de Aguas y Drenaje de la ciudad de Matamoros, Tamaulipas.
HC1138.2 Estudio simplificado de la situación de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez, Chihuahua.
HC1139.2 Estudio simplificado de la situación de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Cuauhtémoc, Chihuahua.
HC1140.2 Estudio simplificado de la situación de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Delicias, Chihuahua.
HC1142.2 Estudio simplificado de la situación y diagnóstico de modernización del área comercial de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Hidalgo del Parral, Chihuahua.
HC1212.2 Restauración ecológica de la laguna de Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo.
HC1221.4 Planes estratégicos para la recuperación ambiental de: la cuenca Amanalco-Valle de Bravo, Barrancas de Cuernavaca y zona conurbada de Morelos, y laguna de Zumpango.
RD0914.4 <i>Integral modernization of the Valle de Juarez Irrigation Distric 009, and treated wastewater exchange for fresh water in the Valle de Juarez, Chihuahua.</i>
RD0927.3 Nivelación en la precisión a lo largo de circuitos dentro de la zona con hundimientos del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California.
RD1131.2 Determinación de requerimientos hídricos de cultivos emblemáticos del trópico húmedo.
RD1140.2 Caracterización de la cuenca del río Mololoa: alternativas de acciones de sustentabilidad del agua y capacitación a integrantes de la Comisión de Cuenca del Río Mololoa.
RD1141.2 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. Segunda etapa.
RD1216.3 Evaluación de la tecnificación del módulo lateral del ejido Distrito de Riego 025, Bajo Río Bravo, Tamaulipas.
RD1218.3 Instrumentación de la medición y operación de la tubería de gasto ecológico del proyecto hidroeléctrico Zongolica.
TC1123.3 Estudio y asistencia técnica para la licitación e instalación de siete plantas potabilizadoras para remoción de arsénico en Torreón, Coahuila.
TC1133.3 Diseño ejecutivo de la planta de tratamiento de aguas residuales del Parque Bicentenario.
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.
TC1220.3 Puesta en marcha y verificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, riego y distribución de agua potable en la Residencia Oficial de Los Pinos.
TC1226.3 Seguimiento ambiental derivadas de la realización del proyecto de restauración de playas en Cancún y playa del Carmen, Quintana Roo.
TC1227.3 Estudios hidrológicos y de calidad del agua en el tramo de la Central Hidroeléctrica Caracol y la Central Hidroeléctrica El Infiernillo, en el río Balsas, Guerrero.
TH1018.3 Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológico-administrativas.

## 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

CP1205.1 Diagnóstico de publicaciones relacionadas con el agua (México 1986-2011).

CP1206.1 Programa editorial del IMTA.

CP1208.1 Edición de la revista *Tecnología y Ciencias del Agua*.

CP1209.1 Operación del auditorio del IMTA José Antonio Maza Álvarez.

CP1210.1 Programa de comunicación organizacional.

CP1211.1 Estudio comparativo del uso de las tecnologías de información y comunicación en el sector agua en México y propuestas de aplicación.

CP1212.1 Producción de material audiovisual para la difusión del conocimiento del agua generado en el IMTA.

CP1213.1 Actividades de la Cátedra UNESCO-IMTA, *El Agua en la Sociedad del Conocimiento* en 2012.

CP1214.1 Mantenimiento a la Red de Sitios IMTA.

CP1215.1 Servicios de adquisición y proceso técnico de material documental para el IMTA.

CP1216.1 Servicios de información del CENCA.

CP1217.1 Repositorio institucional del IMTA.

DP1220.1 Gestión de proyectos, producción de material didáctico y generación de método de evaluación.

### Proyectos con ingresos propios

CP1128.5 Vulnerabilidad social y construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático. Una propuesta con enfoque de género en Yucatán.

CP1224.2 Vulnerabilidad socioambiental frente a eventos meteorológicos extremos.

DP1135.3 Formación del Centro de Evaluación (CE) de competencias laborales en la CEA-BC.

HC0835.7 Coordinación técnica del programa, sistematización de la experiencia y difusión.

HC1022.3 Manejo integral del agua del albergue escolar indígena de Choguita, Bocoyna, en el estado de Chihuahua.

RD0813.7 Instrumentación de prácticas de conservación de microcuencas.

RD1217.3 Identificación de un portafolio de medidas de adaptación al cambio climático para el sector agrícola, mediante la evaluación del riesgo actual y el proyectado al 2030.

TH1209.4 Participación del IMTA en el desarrollo del proyecto de actualización de escenarios de cambio climático para México, como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional.

<b>Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Hídrico</b>
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
<b>Proyectos con recursos fiscales</b>
HC1204.1 Evaluación de dos métodos emergentes basados en el monitoreo del nivel del agua.
HC1207.1 Estudio de la utilización de oleaje para la generación de energía.
HC1209.1 Acoplamiento de mecanismos de DBO en un modelo CFD (dinámica de fluidos computacional) para cuerpos de agua.
RD1206.1 Uso de energía renovable con tecnología propia para su aplicación en el subsector agrícola.
RD1207.1 Sistema ICAM-Riego para Internet.
RD1208.1 Uso de aguas residuales en la agricultura.
RD1209.1 Control de régimen de humedad del suelo y manejo óptimo de insumos agrícolas en una región húmeda y subhúmeda.
RD1211.1 Tecnologías de riego para reducción de volúmenes utilizados en la producción de cultivos.
RD1212.1 Evaluación de impactos ambientales de tecnologías conservacionistas utilizando el método de cuencas pareadas (alternadas con y sin aplicación de las tecnologías).
RD1214.1 Tecnología de agricultura urbana para la producción de alimentos.
TC1202.1 Disminución del costo de la remoción de metales en agua para consumo humano, mediante el uso de membranas destinadas al ablandamiento del agua.
TC1203.1 Análisis técnico económico de tecnologías para remoción de fluoruros (Segunda parte) y evaluación de riesgos a la salud por exposición a fluoruros presentes en agua.
TC1204.1 Vermifiltro para el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico.
TC1205.1 Operación y mantenimiento del sistema acuícola con reúso de agua residual tratada y descarga cero.
TC1206.1 Reactor con biomasa inmovilizada (BIOSTAR): alternativa para remoción biológica de nitrógeno.
TC1207.1 Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas IM-TA-CRIQ (Cuarta etapa).
TC1209.1 Herramientas biológicas para el análisis de toxicidad y detección de efectos asociados a contaminantes, en sistemas acuáticos epicontinentales, costeros y aguas de uso antrópico. Desarrollo, adaptación y calibración de tecnologías (Segunda parte).
TC1214.1 Desarrollo de metodologías de laboratorio para la detección de contaminantes emergentes y su identificación en cuerpos de agua (agua y sedimento), y en aguas residuales (en influente, efluente y lodos de PTAR).

TC1221.1 Aplicación de pruebas de PCR en tiempo real en cuerpos de agua que presentan alta contaminación (río Lerma y río Atoyac).
TH1201.1 Corrección estadística (MOS) del pronóstico atmosférico del modelo WRF.
<b>Proyectos con ingresos propios</b>
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.
HC1122.3 Transferencia de tecnologías apropiadas en materia de agua en comunidades rurales con rezago social en San Luis Potosí. Tercera etapa.
HC1150.3 Estudio en modelo físico del funcionamiento hidráulico del vertedor de la presa de almacenamiento El Zapotillo, en el Río Verde, Yahualica de González Gallo, Jalisco. Segunda etapa.
RD1120.5 Métodos alternativos para calcular la recarga en acuíferos poco explotados, utilizando imágenes de satélite, mediciones in situ y modelos digitales.
RD1126.2 Transferencia de tecnología de riego en el predio Zitihualt, municipio Villa Comatitlán, Chiapas; en el predio Ranchería Santana, 1 <sup>ra</sup> Sección, municipio Cárdenas, Tabasco, y en el predio Rancho Hulefante, municipio Las Choapas, Veracruz.
RD1127.2 Transferencia de tecnología de drenaje en el predio Zitihualt, municipio Villa Comatitlán, Chiapas, y La Herradura, municipio de Palenque, Chiapas.
RD1128.2 Transferencia de tecnología en prácticas de conservación en el predio Zitihualt, municipio Villa Comatitlán, Chiapas; en el predio La Herradura, municipio de Palenque, Chiapas; en el predio Ranchería Santana 1 <sup>ra</sup> Sección, municipio Cárdenas, Tabasco, y en el predio El Hulefante, municipio Las Choapas, Veracruz.
RD1129.2 Transferencia de tecnología en caminos de saca cosecha, en el predio Zitihualt, municipio Villa Comatitlán, Chiapas, y La Herradura, municipio de Palenque, Chiapas.
RD1132.2 Diseño y adaptación de tecnología para la construcción de caminos saca cosecha.
TC0838.4 <i>Investigation of the impact of Arundo donax in Mexico and evaluation of candidate biological control agents.</i>
TC0849.7 Saneamiento mediante sistemas no convencionales, de la ciudad de Tzintzuntzan.
TC0920.7 Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas. IM-TA-CRIQ (Tercera etapa).
TC1041.5 Recuperación de purgas provenientes de torres de enfriamiento, sistemas de generación de vapor y UDA, propuesta para Pemex Gas.
TC1109.7 Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.
TH1118.5 Métodos alternativos para calcular la recarga en acuíferos poco explotados, utilizando imágenes de satélite, mediciones in situ y modelos digitales: cálculo de la evapotranspiración.
TH1121.4 Red de estaciones agroclimatológicas en las principales regiones agropecuarias del estado de Morelos (operación y calibración de redes de estaciones agroclimatológicas), 2011-2012.
TH1208.4 <i>Mercury wet deposition and sediment cores assessment.</i>

## 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.
<b>Proyectos con recursos fiscales</b>
DP1210.1 Gestión de los programas de posgrado del IMTA.
DP1211.1 Operación del centro de capacitación del IMTA.
DP1212.1 Gestión de proyectos de la Subcoordinación y apoyo al Programa de Educación Continua presencial y a distancia.
DP1230.1 Certificación de Competencia Laboral en el sector agua.
HC1202.1 Transferencia de tecnología de riego en el predio Zitihualt, municipio Villa Comaltitlán, Chiapas; en el predio Ranchería Santana 1 <sup>ra</sup> Sección, municipio Cárdenas, Tabasco, y en el predio Rancho Hulefante, municipio Las Choapas, estado de Veracruz.
HC1211.1 Videotutoriales autodidácticos en línea para modelar redes de distribución de agua potable y alcantarillado.
<b>Proyectos con ingresos propios</b>
CPO925.7 <i>Vital and viable services for natural resource management in Latin America.</i>
DPO520.6 Maestría y doctorado en Gestión Integral del Agua en Cuencas y Acuíferos, del Posgrado en Ciencias y Tecnología del Agua.
DP1132.3 Segunda fase de la 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.
TH0534.5 Maestría y doctorado en Hidrometeorología y Meteorología Operativa, del Posgrado en Ciencias del Agua (Etapas cuatro de cuatro).