

**CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA  
PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE  
DEL AGUA**

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL  
AGUA**

**INFORME ANUAL IMTA 2012**

# CONTENIDO

## PRESENTACIÓN

Mensaje del Director General

El IMTA en México

El IMTA en síntesis

## RESULTADOS RELEVANTES

1 Asesoría y servicios tecnológicos

2 Investigación, desarrollo tecnológico  
e innovación

3 Formación de recursos humanos

4 Promoción y difusión del conocimiento

5 Otras actividades relevantes

6 Premios y distinciones

## ANEXOS

1 Vinculación con centros de investigación  
y desarrollo tecnológico

2 Administración

3 Proyectos 2012 que conforman estrategias  
integrales de atención

4 Catálogo de proyectos desarrollados  
(diciembre 2012)

# PRESENTACIÓN

Con el presente informe de resultados de 2012 se concluyen los trabajos de la administración 2006-2012, y se da cuenta de la consolidación de los aportes del Instituto a la sociedad. A partir de la ejecución del Plan Estratégico Institucional, se originaron diferentes transformaciones que se implementaron de acuerdo con las propias capacidades de la institución y su entorno. Esta transformación se expresó en diferentes ámbitos institucionales: reconocimiento como Centro Público de Investigación; internacionalización; estrategias para obtención de recursos; diseminación del conocimiento; prácticas de gestión institucional, tal como es el Convenio de Administración por Resultados, y el diseño de la agenda de investigación y desarrollo tecnológico.

Otro aspecto importante es que se cumplió con la responsabilidad de la entrega del Informe de Rendición de Cuentas en tiempo y forma, de acuerdo con los lineamientos.

Si bien el periodo 2012 presentó diversas dificultades atribuibles a los ciclos de cierre de la administración, los trabajos se desarrollaron para concluir cabalmente los programas y proyectos, logrando resultados 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, entre otros.

Un rubro que cabe destacar es el impulso dado a la protección de la propiedad intelectual generada por el IMTA, y que se manifiesta en un creciente número de patentes y derechos de auto registrados. Este acervo de patrimonio intelectual constituye la base para los procesos de transferencia de tecnología por medio de mecanismo de licenciamiento y asociaciones estratégicas, entre otros.

Durante estos últimos años, el Instituto se ha transformado y establecido los fundamentos para un desarrollo institucional acorde con los retos y necesidades del México actual, en una perspectiva de largo plazo. Lo anterior le permitirá al Instituto seguirse consolidando en algunas áreas, incursionar en campos de conocimiento de frontera y renovar sus capacidades.

Estos resultados expresan el compromiso individual y colectivo del personal del Instituto, así como la convicción de lo crucial de su labor para generar conocimiento, innovación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos, y hacer que nuestra sociedad alcance un mejor nivel de vida.

# El IMTA en México

Incidencia del IMTA en la República Mexicana

## Acciones por estado

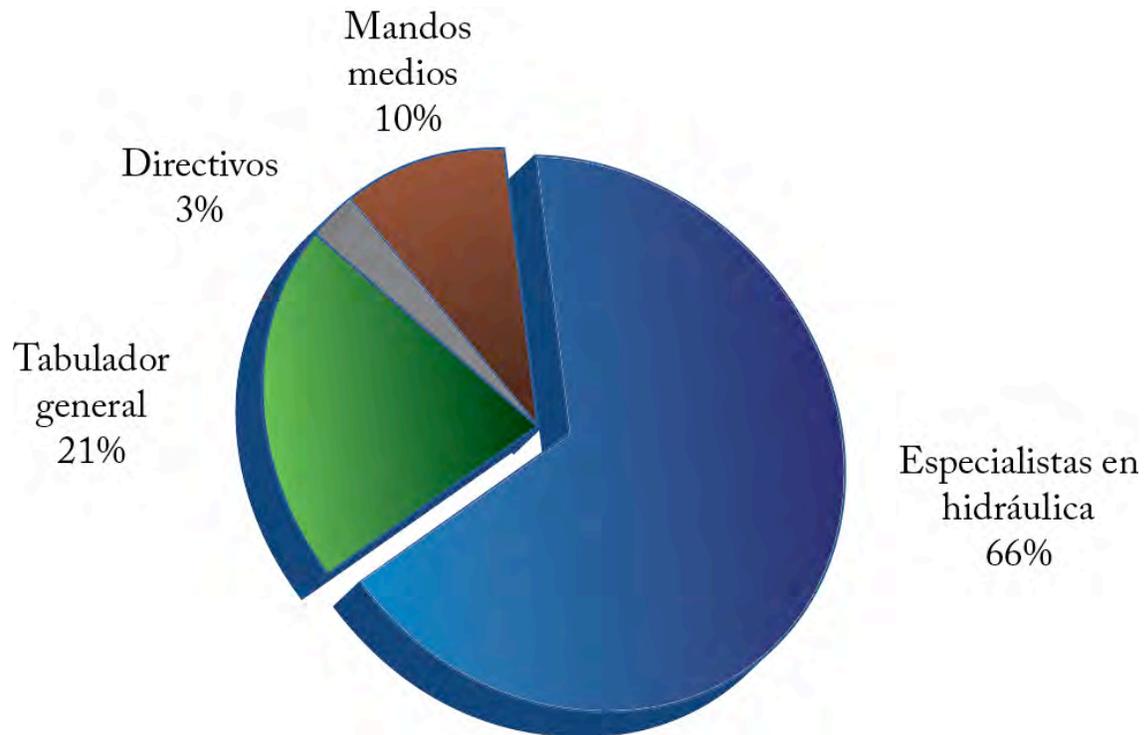


# El IMTA en síntesis

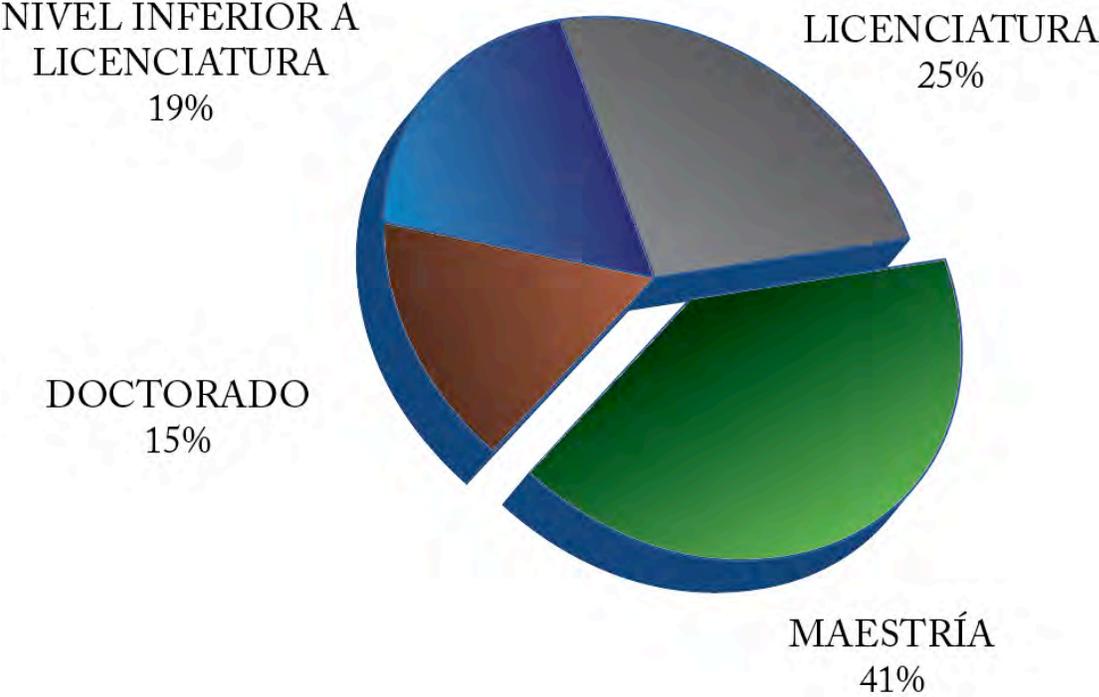
## Potencial humano

Número de personas: 403

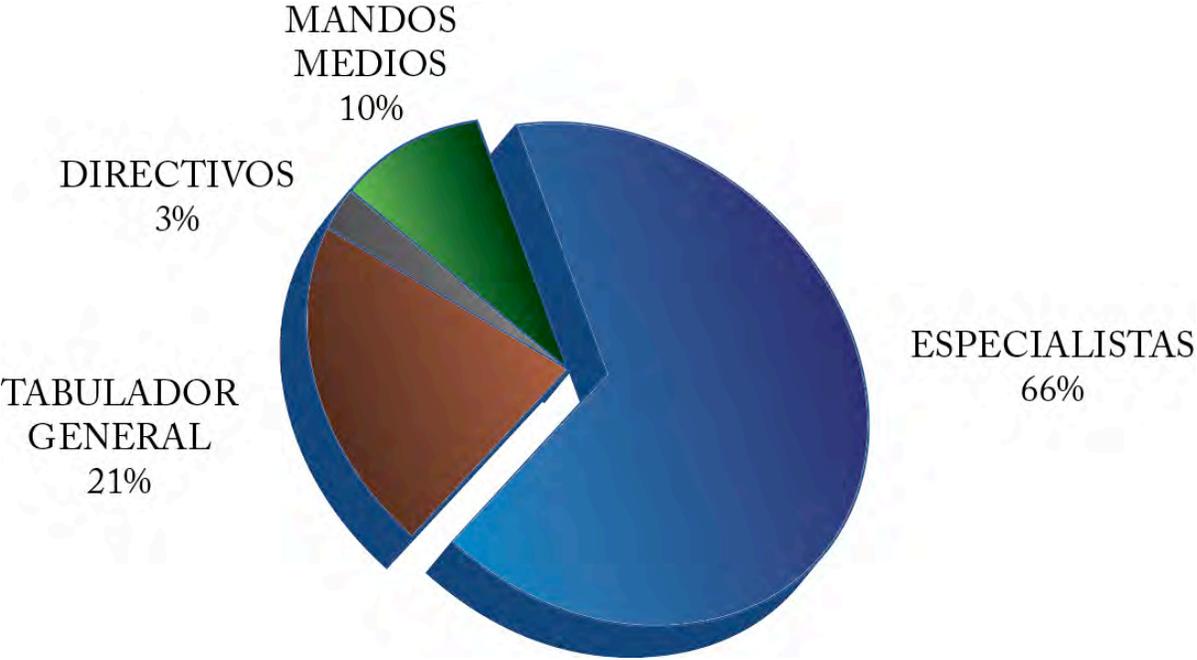
## Personal por nivel de puesto



**Personal por grado académico**



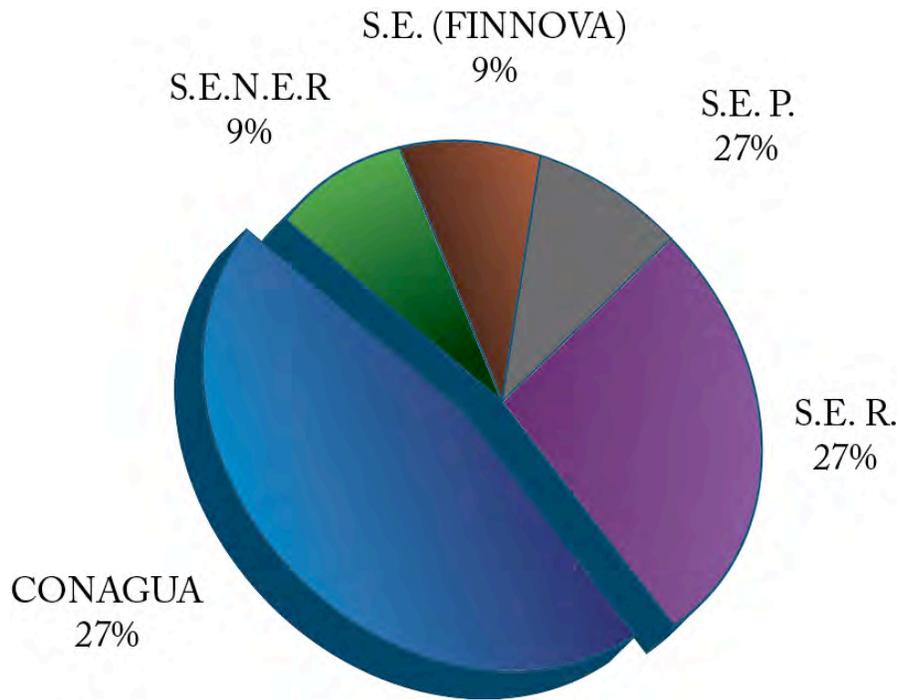
**Personal por grado nivel de puesto**



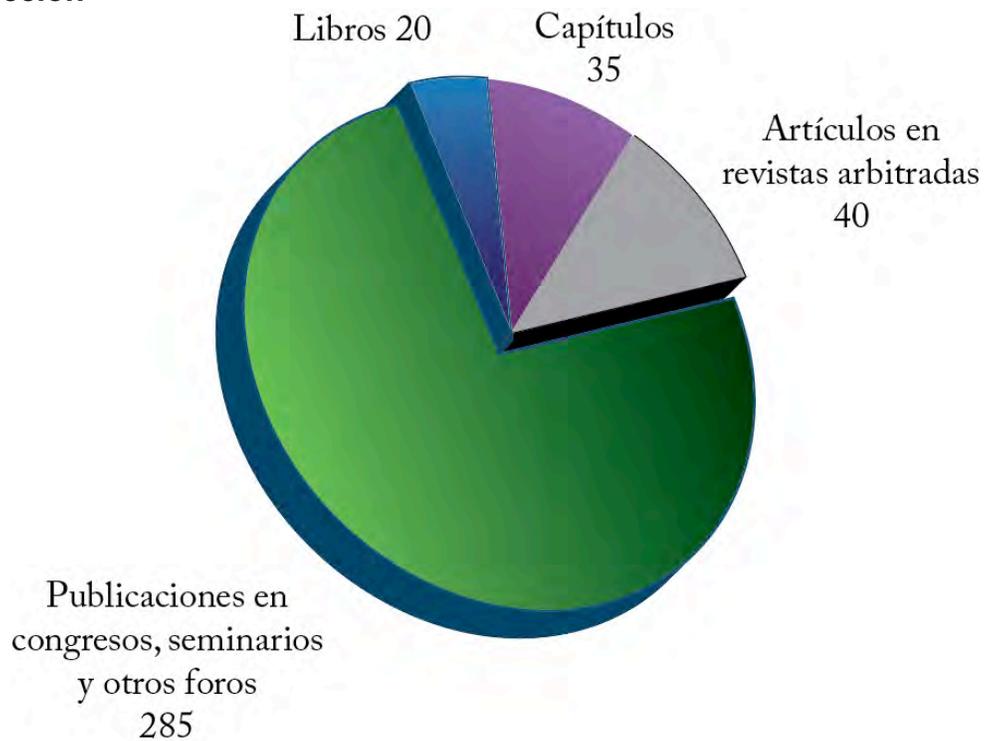
### Instituciones con las que colabora el IMTA



## INVESTIGACIÓN CON FONDOS CONACYT



## Producción



## Libros editados

<b>Título</b>	<b>ISBN</b>	<b>Editorial</b>	<b>Autor</b>	<b>Lugar y fecha de publicación</b>
<i>Vulnerabilidad socioambiental frente al cambio climático en la cuenca del Huehuetán, Chiapas</i>	978-607-7563-41-9	IMTA-CONAGUA	Denise Soares, Roberto Romero, Ricardo López y José Luis Arellano	Jiutepec, Mor. Enero 2012 Impreso
<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	978-607-7563-26-6	IMTA	Varios (Ed. Gabriela Moeller y Luciano Sandoval)	Jiutepec, Mor. Febrero 2012 Versión digital
<i>Gobernanza del agua en comunidades indígenas de la región nororiental de Puebla</i>	978-607-7563-28-0	IMTA	Daniel Murillo, Eduardo López, Pablo Chávez, Boris Marañón y Nora Brie	Jiutepec, Mor. Febrero 2012 Impreso
<i>Sequía y cambio climático en México</i>	978-607-7563-50-1	IMTA	Israel Velasco	Jiutepec, Mor. Agosto 2012 Versión digital
<i>Riego por aspersión: enfoques agronómico, estadístico, hidráulico y económico</i>	978-607-7563-52-5	IMTA	Efrén Peña	Jiutepec, Mor. Agosto 2012 Versión digital
<i>La gobernanza del agua: un desafío actual. Hacia una mirada crítica del concepto y de su aplicación</i>	978-607-7563-47-1	IMTA	Varios. (Coord. Daniel Murillo)	Jiutepec, Mor. Octubre 2012 Impreso
<i>Adaptación al cambio climático. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Vol. IV</i>	978-607-7563-55-6	IMTA	Varios (Eds. Polioptro Martínez y Carlos Patiño)	Jiutepec, Mor. Octubre 2012 Impreso
<i>Hacia un posicionamiento de gobernanza del agua en México</i>	En trámite	IMTA- El Colegio de México- Comisión Nacional del Agua- Asociación de Empresas de Agua y Saneamiento	Daniel Murillo et ál.	México, DF. Octubre 2012 Impreso
<i>Los conflictos por el agua en México: caracterización y prospectiva</i>	978-607-7563-61-7	IMTA	Varios. (Coord.) Sergio Vargas, Eric Mollard y Alberto Güitrón	Jiutepec, Mor. Octubre 2012 Impreso
<i>Culturas del agua y</i>	978-607-7563-48-8	IMTA	Varios	Jiutepec, Mor.

<i>cosmovisión india en un contexto de diversidad cultural</i>			(Ed. Daniel Murillo)	Noviembre 2012 Impreso
<i>Contribuciones al conocimiento de la ecotoxicología y química ambiental en México</i>	978-607-7563-54-9	IMTA	Varios (Ed. Yolanda Pica)	Jiutepec, Mor. Noviembre 2012 Versión digital
<i>Desarrollo de un sistema de aprovechamiento de agua para cría de peces de ornato, con descarga cero. Manual de operación y mantenimiento</i>	978-607-7563-60-0	IMTA	Luciano Sandoval et ál.	Jiutepec, Mor. Noviembre 2012 Versión digital
<i>Formación de instructores. Planeación y evaluación en capacitación</i>	978-607-7563-67-9	IMTA	Joaquín Flores	Jiutepec, Mor. Diciembre 2012 Versión digital
<i>El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego de México. Experiencias desde 1990</i>	978-607-7563-64-8	IMTA	Ovidio Camarena y José Ángel Aguilar	Jiutepec, Mor. Diciembre 2012 Versión digital
<i>Recursos, problemas y retos hídricos en Iberoamérica</i>	978-607-7563-63-1	IMTA-Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo	Varios. (Ed. Nahún H. García)	Jiutepec, Mor. Diciembre 2012 Versión digital
<i>¡Aguas con la salud!</i>	978-607-7563-68-6	IMTA	Fernando Leyva	Jiutepec, Mor. Diciembre 2012 Versión digital
<i>Plan estratégico para la recuperación ambiental de la laguna de Zumpango. Diagnóstico e identificación de retos, problemas, estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios</i>	978-607-7563-70-9	IMTA	Nahún H. García y Maricarmen Espinosa Bouchot	Jiutepec, Morelos, 2012
<i>Plan estratégico para la recuperación ambiental de la Cuenca Amanalco-Valle de Bravo: Actualización</i>	978-607-7563-72-3	IMTA	Nahún H. García y Maricarmen Espinosa Bouchot	Jiutepec, Morelos, 2012

<i>Plan integral para el manejo sustentable de las Barrancas del Norponiente del Estado de Morelos</i>	978-607-7563-71-6	IMTA	Nahún H. García y Maricarmen Espinosa Bouchot	Jiutepec, Morelos, 2012
<i>Contaminantes emergentes: su importancia, retos y perspectivas sobre la medición, el tratamiento y su reglamentación</i>	978-607-7563-53-2	IMTA, INRS, CRIQ, AIDIS, RETAC	Gabriela Moeller y Gerardo Buelna	México, DF, noviembre 2012

## Patentes 2012

NÚM.	NOMBRE	ESTATUS
1	Banco universal de pruebas para dispositivos domésticos utilizadores de agua y similares.	Título 202202
2	Dispositivo para aireación y circulación de lagos y embalses y método de operación.	Título 273455
3	Banco de pruebas de los elementos que conforman las tomas domiciliarias.	Título 233877
4	Método para el tratamiento de lodos provenientes del tratamiento de agua, recuperación de coagulante y disposición 50% IMTA/SILICATOS.	Título 227928
5	Mezcla cruda para la producción de Clinker de cemento tipo Portland resistente a la corrosión microbiológica.	Título 282541
6	Válvula con cámara de amortiguamiento paralelas para la separación y expulsión de aire en la toma de agua domiciliaria.	Título 237185
7	Sistema de floculación con aire.	Título 250205
8	Formulación de microherbicida para el control del lirio acuático.	Título 286577
9	Utilización del yabachín y de la jacaranda en biofiltros utilizados en el tratamiento de aguas residuales (copropiedad IMTA/CRIQ).	Título 299532
10	Concentrador solar de paredes planas para la desinfección del agua para consumo humano.	Modelo de utilidad 2662
11	Proceso de tratamiento biológico aerobio de aguas residuales mediante biocinta sumergida e instalación para su realización (BIO-STAR 1).	Título en trámite
12	Método de biofiltración de un efluente líquido.	Título en trámite
13	Estructura para disipación de energía y aireación de corrientes.	Examen de fondo
14	Limitador de gasto para redes de riego a presión.	Examen de fondo
15	Banco de pruebas para válvulas de hidráulica de compuerta y mariposa 2" hasta 12".	Examen de fondo
16	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
17	Remoción de arsénico por electrocoagulación utilizando un reactor a flujo pistón y un tren complementario de tratamiento conformado por floculación mejorada, sedimentación y filtración.	Examen de fondo

18	Tratamiento de lixiviados de solución nutritiva y su reúso en cultivo de hidroponía.	Examen de fondo
19	Estructura orientadora de flujo de vertederos de excedencia tipo abanico completo.	Examen de fondo
20	Modificación a la tecnología de filtración en múltiples etapas para reúso de agua en la acuicultura, con descarga cero.	Examen de fondo
21	Sistema combinado de biofiltración-humedal para el tratamiento de aguas residuales de viviendas unifamiliares.	Examen de fondo
22	Dispositivo aspersor modificado para riego	Examen de fondo
23	Remoción de nitrógeno en un reactor biológico por combinación de biomasa sumergida en lecho fijo, y suspensión y modificación del sistema de lodos activados LUDZACK-ETTINGER.	Examen de fondo
24	Reactor biológico para el tratamiento de efluentes contaminados a base de vermifiltración.	Examen de fondo
25	Caudalímetro ultrasónico de nivel.	Examen de fondo
26	Prueba diagnóstica para compuestos inductores de daños biológicos causados por alteraciones en la expresión genética.	Examen de fondo
27	Sistema de calibración para sensores de temperatura (Sicast).	Examen de fondo
28	Biorreactor como planta de tratamiento compacta de aguas residuales municipales con un soporte sintético.	Modelo de utilidad Examen de fondo
29	Sistema electromecánico portátil para simplificar la medición del flujo de agua en canal abierto.	Modelo de utilidad Examen de fondo
30	Mezcla cruda para la elaboración de Clinker y la subsecuente producción de cemento tipo Portland y concreto resistentes al ataque ácido químico directo.	Examen de forma
31	Utilización de bagazo de agave y de cáscara de nuez en biofiltros utilizados para el tratamiento de líquidos residuales.	Examen de forma
32	Estación hidrométrica itinerante, auxiliar en operaciones de aforo con molinete.	Examen de forma
33	Sistema de calibración para sensores de humedad relativa.	Examen de forma
34	Sistema de calibración para pluviómetros (SICAP).	Examen de forma
35	Sistema de calibración para sensores de presión atmosférica (SICASPAT).	Examen de forma

# CAPÍTULO 1

## ASESORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

TRABAJOS DE  
COLABORACIÓN CON LA  
COMISIÓN NACIONAL DEL  
AGUA



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

Jorge A. Hidalgo Toledo  
jhidalgo@tlaloc.imta.mx

Se llevó a cabo un proceso de planeación regional para las 13 RHA, definiendo las actividades para la formulación de las estrategias y acciones dirigidas a lograr la sustentabilidad hídrica en dichas regiones. Se formularon los lineamientos, estrategias, acciones y propuestas de los proyectos que respalden la política hídrica de sustentabilidad en el mediano y largo plazos en las RHA.

Se actualizó el modelo de curva de costos para cada región y la curva nacional y se integró el informe final del estudio de planeación regional. Con lo anterior, se concluye el estudio de 26 meses de ejecución logrando una planeación regional ordenada, sistemática y alineada al Sistema Nacional de Planeación Hídrica que define los lineamientos y estrategias de mediano y largo plazos; además, se complementa con una cartera de proyectos, una base de datos geográfica y estadística que da soporte a la gestión y planeación de los recursos hídricos.

De igual manera, ahora se cuenta 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.



**Entregables del proyecto.**

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

Héctor Sanvicente Sánchez  
 hsanvice@tlaloc.imta.mx

Se implementó el Sistema Informático del Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua que incluye una base de datos geográfica (GDB), una bodega de datos (*data warehouse*, DWH) y una base relacional de administración, así como el desarrollo de la interfaz de consulta y actualización de los datos almacenados en la misma. La información en la base de datos se agrupó en los tres ejes del desarrollo sustentable (social, económico y ambiental) y en sistemas definidos para cada eje. El modelo lógico de la base de datos geográfica (GDB) utilizó un enfoque de modelación orientada a objetos usando la plataforma computacional *ArcGIS*. En el diseño de la GDB, toda la información estadística cartografiable se envió al *data warehouse* (DWH), de manera que se minimizara la cantidad de capas. La GDB está compuesta por 108 capas de 66 temas. El modelo lógico del DWH es una base de datos integrada por 116 “estrellas” (arreglos multidimensionales de datos). El DWH incluye una estrella de metadatos, dentro de la cual se almacena la información documental que da soporte a la información estadística. Las bases de datos (GDB y DWH, además de la de administración) se integran en un solo repositorio de datos geográficos,

estadísticos y documentales asociados a los recursos hídricos, eliminando con ello problemas de nomenclatura, representación y consistencia. La interfaz de consulta y actualización se desarrolló como una aplicación web, de manera que se puede acceder por Internet o por la Intranet de la CONAGUA.

La aplicación web consta de tres módulos: “Administración de la información”, “Administración de usuarios y bitácora” y “Consulta”. El módulo “Consulta”, que puede usarse con diferentes privilegios, incluye cinco posibles interfaces.

El IMTA elaboró, para las publicaciones de las *Estadísticas del Agua en México*, versiones 2011 y 2012, 243 productos para cada versión. Los productos elaborados corresponden a las tablas, gráficas y mapas que se incluyen en cada uno de los ocho capítulos que conforman la publicación. Para el *Atlas del Agua en México 2011*, se elaboraron 122 productos, tablas, gráficas y mapas, para los cinco capítulos que contiene.



### Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua.



### Interfaces de consulta del Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua.

□ **Portafolio de medidas de adaptación al cambio climático en el escurrimiento superficial de las regiones hidrológico administrativas de México**

**Carlos Patiño Gómez**  
carlos\_patino@tlaloc.imta.mx

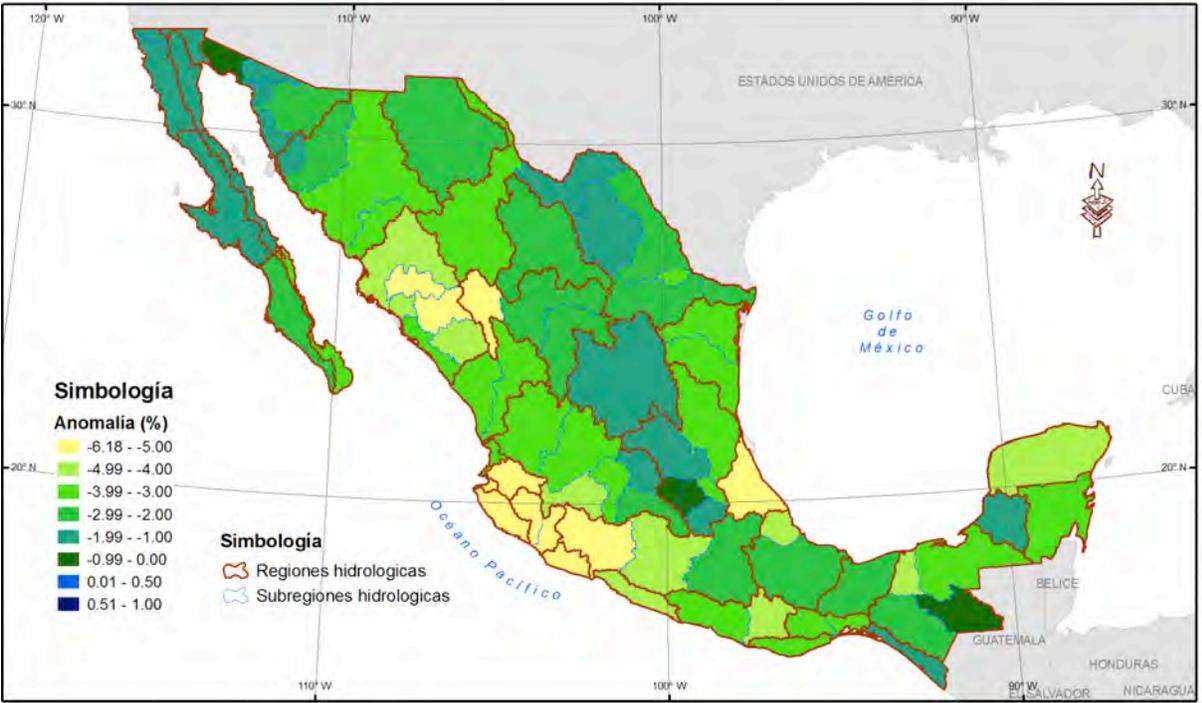
Para evaluar la vulnerabilidad del recurso hídrico ante el cambio climático en México, fue necesario plantear una metodología que incluyó desde la creación de la línea base de información hidrológica hasta la cuantificación del impacto de las anomalías de precipitación en el escurrimiento superficial, debido al cambio climático en las 13 regiones hidrológico administrativas en que se divide el país.

A partir de la información recopilada del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del IMTA, se crearon las bases de datos históricas necesarias para el análisis de las variables climáticas de precipitación y temperatura. Posteriormente, se generaron los escenarios climáticos regionalizados, considerando la información reportada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU (IPCC, por sus siglas en inglés) en su cuarto informe, así como la base de datos de escenarios climáticos desarrollados en el IMTA. Estos escenarios regionalizados son generados en archivos NetCDF, y dan como resultado las anomalías de precipitación y temperatura para el año 2015, 2020, 2025 y 2030, que se reportan como mapas de anomalías de precipitación y temperatura para los años mencionados.

Otro desarrollo importante es la creación de los archivos *shapefile* geo-referenciados que incluyen los escenarios climáticos regionalizados desarrollados en el IMTA como parte de los resultados del Atlas de Vulnerabilidad Hídrica de México ante el Cambio Climático. Estos *shapefiles*, que contienen los parámetros de proyección oficiales establecidos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), son un insumo importante proporcionado por el IMTA al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) para formar parte del Atlas Nacional del Vulnerabilidad, que están desarrollando de manera conjunta el CENAPRED, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el IMTA, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el INEGI.

Finalmente, se realizó un análisis de la variación del escurrimiento anual en cada una de las subregiones hidrológicas del país para los escenarios de precipitación A1B y A2, bajo condiciones de cambio climático, y a partir de esta evaluación, se plantea una serie de acciones de adaptación encaminadas a reducir la vulnerabilidad de las zonas más afectadas debido al cambio climático.

# Anomalía del escurrimiento medio anual año 2020. Escenario A1B



Proyección: Cónica Conforme de Lambert  
Datum: ITRF 1992



Elaboración propia  
Subcoordinación de Gestión Integrada del Agua.  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

□ **Procesamiento de información estadística del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS), años 2010 y 2011**

Oscar Santillán Hernández  
osantill@tlaloc.imta.mx

Para mantener el proceso de actualización permanente de datos hidrométricos de la red de estaciones hidrométrica y de los principales embalses de almacenamiento del país, la Comisión Nacional del Agua solicitó al IMTA la incorporación al Banco de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de nueva información recopilada por las Direcciones Locales (DL) y Organismos de Cuenca (OC) de la CONAGUA de 1,200 años-estación-vaso, correspondiente a los años 2010 y 2011. La captura y cálculo hidrométrico se realizó a través del sistema SIAS v2, sistema que fue mejorado por el IMTA en diversos aspectos, tanto en la plataforma actual de Windows como en la incorporación de registros de estaciones automáticas a través de sistema web, con lo cual se podrá incorporar al BANDAS la información de 163 estaciones automáticas (PCD) en operación que registran escalas diarias a las 8 a.m., en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA.



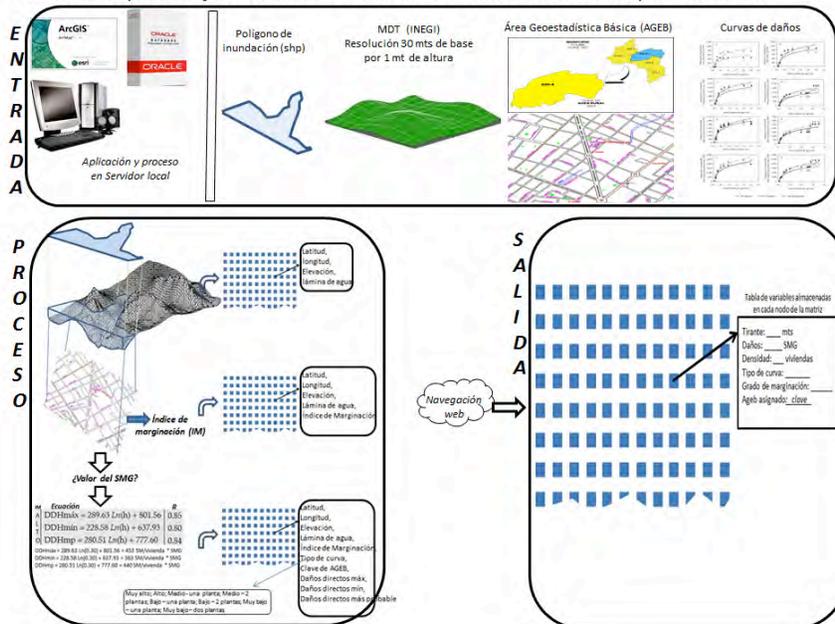
Carátula del sistema SIAS v.2.

## □ **Determinación y procesamiento estadístico de matrices de costos durante inundaciones**

**Yolanda Solís Alvarado**  
**ysolis@tlaloc.imta.mx**

A solicitud de la CONAGUA, se construyó el módulo de estimación de daños por evento de inundación integrado al Sistema de Análisis y Visualización de Escenarios de Riesgo (SAVER) del Atlas Nacional de Riesgos por Inundaciones desarrollado por el CENAPRED. Dicho módulo contiene herramientas de análisis que permiten calcular el valor de la pérdida mínima, máxima y más probable, expresada en pesos, para cinco viviendas tipo, hospitales, escuelas y zonas productivas en función del tirante promedio en cada uno de los pixeles del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del INEGI y de la duración de la inundación para el caso de zonas agrícolas. La metodología preprocesa la base nacional de MDE para el cálculo de tirantes o bien tirantes derivados de modelos hidráulicos, con lo que se genera un polígono que delimita la zona de inundación e ingresa la cobertura de la AGEB (Área Geostatística Básica) nacional para determinar el índice de marginación y calcula el daño con base en curvas tipo (funciones de vulnerabilidad) para viviendas, hospitales y áreas agrícolas para diversos tipos de cultivo. La plataforma de desarrollo fue compatible con el desarrollo del SAVER en cuanto a manejador de base de datos (ORACLE), lenguaje de programación (Suite de Visual Studio .NET) y librerías de ESRI para procesos de operaciones con imágenes raster.

*Diseño conceptual de funcionalidad del módulo de estimación de daños por inundación*



□ ***Estudio de evaluación de lluvia-escurrimiento y campaña de mediciones en la cuenca internacional del río Hondo***

Víctor Arroyo Correa  
vmarroyo@tlaloc.imta.mx

El río Hondo constituye el límite fronterizo natural de Belice con México a lo largo de 160 km. Su cuenca la comparten los países de Belice, México y Guatemala; tiene un área drenada de aproximadamente 13,465 km<sup>2</sup> de los cuales 2,978 km<sup>2</sup> (22.1%) se internan en territorio de Belice; 7,614 km<sup>2</sup> (56.5%) dentro de México y 2,873 km<sup>2</sup> (21.3%) cubre el norte de El Petén, Guatemala. Sobre las acciones para el monitoreo de sus escurrimientos se cuenta con diferentes antecedentes, destacando las emanadas del Acuerdo firmado en 1998 entre la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca de México y el Ministerio de Energía, Ciencia, Tecnología y Transporte de Belice, para la Construcción de tres Estaciones Hidroclimatológicas en el Río Hondo y el Arroyo Azul, acción que llevó a cabo la CONAGUA, construyendo y equipando las estaciones hidroclimatológicas La Unión I, La Unión II, y Juan Sarabia.

Dada la problemática estructural y operativa que normalmente prevalece en dichas estaciones, así como la necesidad de contar con información hidrológica que permita caracterizar el régimen de escurrimiento de la cuenca y sus subcuencas y establecer parámetros para alertar a la población en caso de que ocurra una avenida extraordinaria, la CONAGUA, consideró en el 2012, realizar un proyecto para establecer un sistema de alerta ante la presencia de avenidas extraordinarias en la cuenca del río Hondo y en las subcuencas afluentes en la margen izquierda denominadas Río Escondido, Arroyo Huay-Pix, Arroyo Agua Dulce y Río Bravo (Belice).

Como parte de esta iniciativa y con el fin de mejorar el conocimiento de la cuenca binacional, la CONAGUA solicitó la intervención técnica del IMTA para realizar una extensa campaña de medición. En forma simultánea y especialmente en las estaciones sobre el río Hondo se verificó la temperatura, salinidad y densidad del agua; de manera particular para determinar los perfiles de densidad se utilizó un equipo CTD con registrador continuo.

Las estaciones habilitadas fueron: Unión II, Juan Sarabia y Subteniente López con equipo ultrasónico fijo; La Unión I, Puente Morocoy, Cacao, Ucúm, Puente HuayPix, Chetumal en la desembocadura al mar; y Puente Agua Dulce y Bravo 1 en el río Bravo en Belice.

De manera complementaria y con el fin de medir la precipitación, se instalaron ocho pluviómetros automáticos en las inmediaciones de las poblaciones 20 Noviembre, 16 de Septiembre, Cristóbal Colón, Zoh Laguna, Morocoy, Tres Garantías Tomás Garrido y Gallon Jug (Belice).

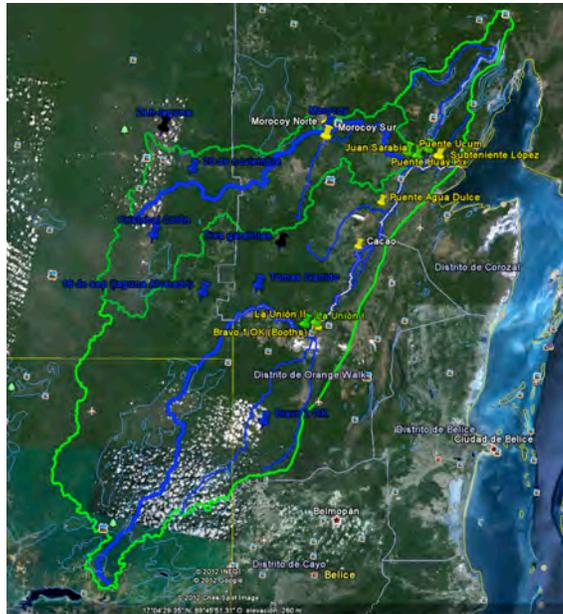
El monitoreo fue continuo durante noventa días para los sensores de gasto, nivel y precipitación, en ese periodo se registró los efectos del huracán Ernesto (Categoría I Escala Safir-Simpson). El intervalo de muestreo de variables se estandarizó a 30 min y se realizaron mediciones de intercalibración de gasto y nivel con el equipo de referencia ADV (multifrecuencia, ISO-748). Este proceso se realizó al menos una vez por semana para cada estación hidrométrica.

En todos los sitios donde se instalaron sensores de presión, la relación elevación-gasto que mejor ajustó fue una función cuadrática. Sin embargo, por su bajo nivel de correlación, dicha relación no es estadísticamente aceptable en la descarga del río Hondo; esto se explica, en cierta manera, por la dependencia física que tiene el sitio de los niveles en la bahía de Chetumal. Por otra parte y en general, las relaciones obtenidas solamente deberán usarse con las reservas de cada caso y con fines de interpolación dentro del rango de muestreo (nunca para extrapolación). En Booths (Belice), teniendo en cuenta los movimientos de las compuertas de la central hidroeléctrica, fue posible encontrar dos relaciones “elevación-gasto”; una válida antes del movimiento de las compuertas y la otra para después. No obstante, en Booths resulta más práctico y recomendable estimar el gasto a través de la resta de los caudales de Unión II y Unión I.

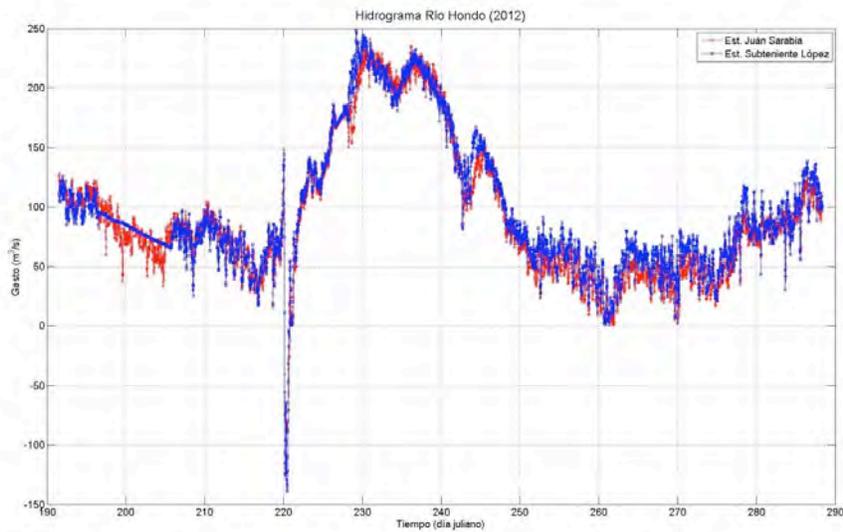
Se demuestra que el mejor tipo de sensor para monitorear el escurrimiento en el Río Hondo es uno que mida el gasto directamente como los utilizados en Juan Sarabia, Subteniente López y la Unión II. A raíz de esta experiencia se sugiere adicionar 3 instalaciones “fijas”, con este tipo de sensores, en Ucum, otro en Unión I, y uno último en Huay Pix.

A partir de la información recabada y de acuerdo con los resultados de un primer ejercicio de modelación numérica, aparentemente la marea no es un factor importante en hidrodinámica de la Bahía de Chetumal, ni tampoco sobre la desembocadura del Río Hondo. Para mejorar el análisis de la influencia de la marea y la descarga del río Hondo es necesario determinar la topobatimetría de la Bahía, especialmente en los bajos que se ubican enfrente de la Ciudad de Belice y los que están en la zona de conexión de la bahía con el mar caribe. El evento de la entrada del huracán indica que los efectos de la marea de tormenta son de gran influencia sobre el sistema. En caso de tener un huracán de mayores magnitudes (escala S-S II en adelante) se puede esperar que la zona de inundación se magnifique, ya que la bahía presenta un bajo volumen de amortiguamiento ante el efecto de una marea de tormenta por lo cual es recomendable ampliar el estudio.

Como parte de los productos a entregar del IMTA a la CONAGUA se realizó un primer modelo de relación lluvia escurrimiento, obteniéndose flujos y volúmenes semejantes a los medidos durante el periodo de muestreo. No obstante se recomienda ampliar el estudio de calibración, al menos uno o dos años continuos, además de tomar en cuenta la sensibilidad y respuesta de la cuenca ante diferentes escenarios de precipitación.



Delimitación de la cuenca del Río Hondo y localización de las estaciones de medición de nivel, gasto, volumen y precipitación.



Registro hidrométrico de la estación Juan Sarabia y Subteniente López. En este periodo se observa la entrada del huracán *Ernesto* categoría I (día 220 juliano).



**Medición de aforo en el río Hondo en la estación Subteniente López, con equipo de perfilación acústica multifrecuencia.**



**Equipo de perfilación acústica de fondo para medir nivel, gasto y volumen totalizado, instalado en la estación de aforo Juan Sarabia.**

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

**José Alfredo González Verdugo**  
**jagonzal@tlaloc.imta.mx**

La Comisión Nacional del Agua tiene la responsabilidad de operar y mantener en buenas condiciones una gran cantidad de infraestructura hidráulica, como son las presas de almacenamiento, que se ha construido a lo largo de muchos años y de la cual depende en buena medida el abastecimiento de agua potable a varias poblaciones, el riego de zonas agrícolas y la disponibilidad de agua para generación de energía eléctrica, entre otros usos y aprovechamientos.

Bajo este contexto desde el diseño de las principales presas se previó la instalación de instrumentos para dar seguimiento a su comportamiento estructural. La CONAGUA le encargó al IMTA la instrumentación de 12 presas, adicionales a las 12 inspeccionadas en el año 2011. Se trata de un estudio especializado cuya finalidad es determinar la funcionalidad de dicha instrumentación y, en su caso, hacer las recomendaciones correspondientes.

En las visitas y levantamientos de revisión de las presas inspeccionadas, se encontró que existen alrededor de 1,300 instrumentos de diversos tipos; de ellos aproximadamente el 75% aún funcionan adecuadamente (requiriendo mantenimiento menor); mientras que del 25% restante, se estima que del orden de la mitad puede rescatarse.

Como resultado de la experiencia de las dos campañas de evaluación, 2011 y 2012, se ha diseñado una serie de accesorios para subsanar algunas deficiencias por el uso de los instrumentos instalados, además de que está en desarrollo el prototipo de un inclinómetro con tecnología nacional, con lo que contribuye al desarrollo e innovación tecnológica en este importante campo de actuación.



**Presa Lázaro Cárdenas El Palmito, Durango.**



**Inclinómetro I-2 20.**



**Medidor de deformaciones Crescelius.**

□ **Estudio en modelo físico del vertedor de la presa de almacenamiento El Túnel, Morelos**

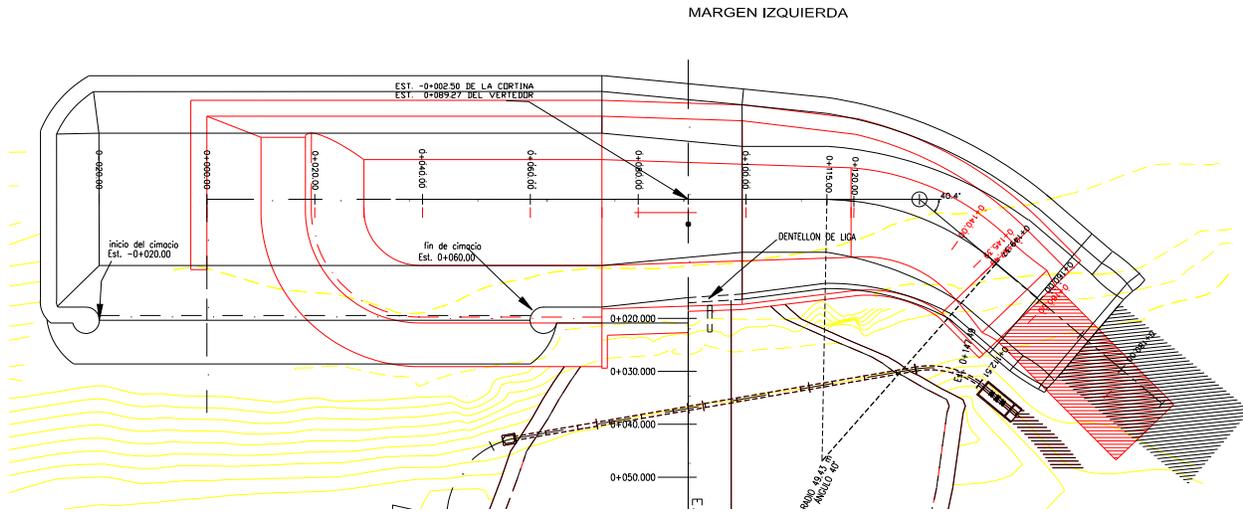
**María Joselina Clemencia Espinoza Ayala**  
jespinoz@tlaloc.imta.mx

La revisión del diseño de obras hidráulicas utilizando modelos físicos permiten eliminar las incertidumbres del diseño analítico y en muchos casos hacer más solvente la construcción de estructura que representan. Además se generan nuevos conocimientos y metodologías para su diseño. El diseño de vertedores es una actividad que se revisa y enriquece mediante modelos físicos.

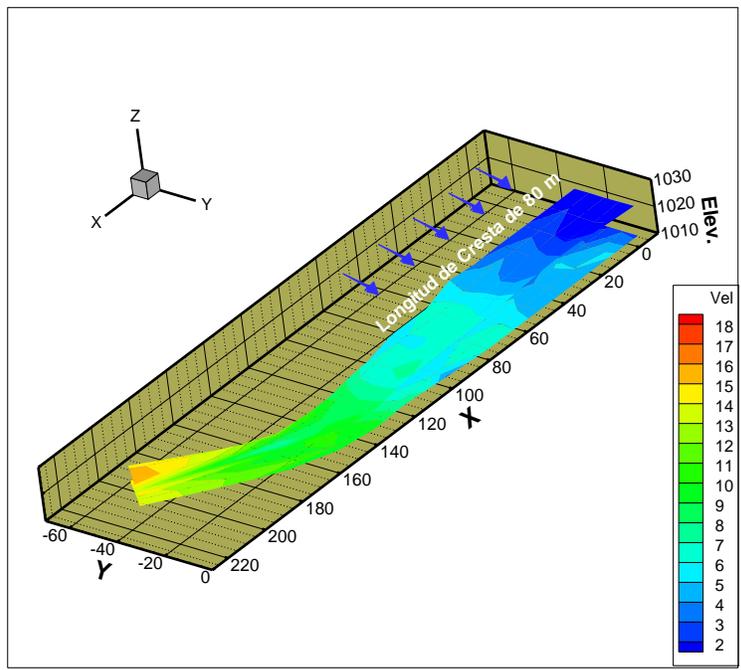
El Túnel en el estado de Morelos fue desarrollado por el IMTA a solicitud de la CONAGUA. La revisión emanada de la modelación física permitió detectar que el diseño original no es el más conveniente, debido a la topografía presente en la salida del vertedor propuesto, además de que se identificó que la geometría del canal de descarga es ineficiente. Debido a lo anterior, se emitieron una serie de recomendaciones con lo que la geometría final corresponde a un rediseño realizado por especialistas del IMTA, con lo que se mejora significativamente el funcionamiento hidráulico del vertedor, con lo que se evitan desbordamientos del canal y se incrementa la eficiencia de disipación de energía en la descarga.



**Modelación física del vertedor de la presa El Túnel, Morelos.**



**Modificaciones al modelo original.**



**Resultados de la modelación numérica.**

□ **Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas**

Con la CONAGUA y la World Wildlife Fund (WWF) se participó en la elaboración de esta norma que entró en vigor en noviembre de 2012. Será aplicada por quienes realicen estudios para solicitar asignaciones, construir infraestructura, efectuar trasvases entre cuencas, similares a los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Asimismo, para todas las corrientes o cuerpos de agua cuyos acuerdos de disponibilidad del agua, publicados en el *Diario Oficial de la Federación*, no consideren un caudal para la conservación de ecosistemas acuáticos.

Actualmente, se participa con la Universidad Autónoma de Querétaro en la aplicación de la norma en un área cuyo objetivo ambiental es de alta conservación, localizada dentro de la Reserva de Biosfera de Sierra Gorda.

□ **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**

Arturo González Herrera  
argonzal@tlaloc.imta.mx

El IMTA llevó a cabo la puesta en marcha y estabilización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), la calibración y ajuste del sistema de riego y de distribución de agua potable de la Residencia Oficial de Los Pinos (ROP). Asimismo, se capacitó al personal del Estado Mayor Presidencial y se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento respectivos. La calidad del agua tratada de la PTAR cumplió con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Para optimizar la operación de las redes de riego fue necesario modificar y aumentar los emisores y aspersores, lo que permitió mejorar las coberturas de mojado y ampliar las zonas de riego. Se ajustaron los tiempos de riego en cada sección en función de la densidad de la vegetación, tipo de especies arbóreas y microclimas en los jardines de la ROP.

El proyecto impacta en el ahorro de agua potable y reúso del agua residual tratada en riego de jardines y evita la dependencia del agua residual tratada de la planta Chapultepec (GDF).



**PTAR de la ROP.**

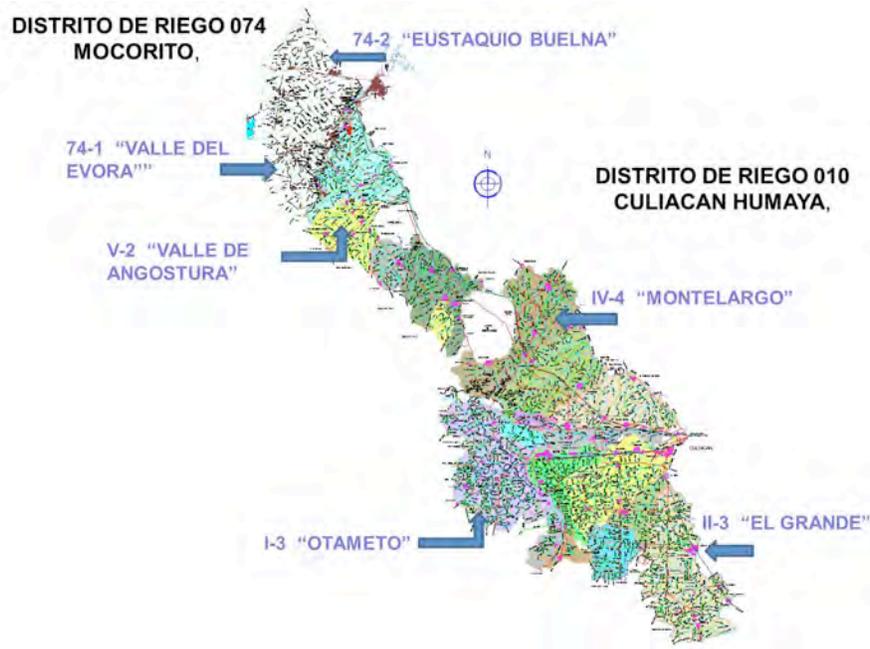


**Riego automatizado de la ROP.**

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

**Mario Alberto Montiel Gutiérrez**  
**mmontiel@tlaloc.imta.mx**

Por efecto de las heladas ocurridas en el mes de febrero de 2011 en el noroeste del país, cerca de 35,000 usuarios de los Distritos de Riego 010 Culiacán-Humaya y 074 Mocorito Sinaloa resembraron 176,993 ha de una superficie programada de 126,324 ha, lo que implicó un 37% adicional. Complementariamente, el 90% del total de la superficie se sembró en un periodo de días, originando problemas de operación por concentración de la demanda de riego en periodos cortos de tiempo. Esta situación originó un déficit estimado de 282.6 hm<sup>3</sup>, por lo que fue necesaria una reasignación de volúmenes para ambos distritos. Para apoyar en las acciones de distribución del volumen reasignado en los módulos de riego con mayor déficit hídrico, el IMTA colaboró con la CONAGUA para la asesoría y supervisión de la operación de los módulos de riego I-3, II-3, IV-4. V-2, 74-1 y 74-2.



**Módulos con mayor problemática de disponibilidad de agua.**

El IMTA apoyó en la operación de canales para detectar gastos y niveles altos de operación, fugas y movimientos fuera de programa; en la supervisión de avances semanales de hectáreas-riego por sección; en 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; en la propuesta de último y penúltimo riego con surco alterno en maíz; en gastos mínimos a nivel de parcela para ampliar el número de riegos; en aforos en la red de canales y en bombeos de reúso y tandeos de canales laterales y sublaterales. Adicionalmente, se capacitó a 68 canaleros de los seis módulos de riego, en aspectos de medición del agua y uso eficiente del agua en riego por gravedad.



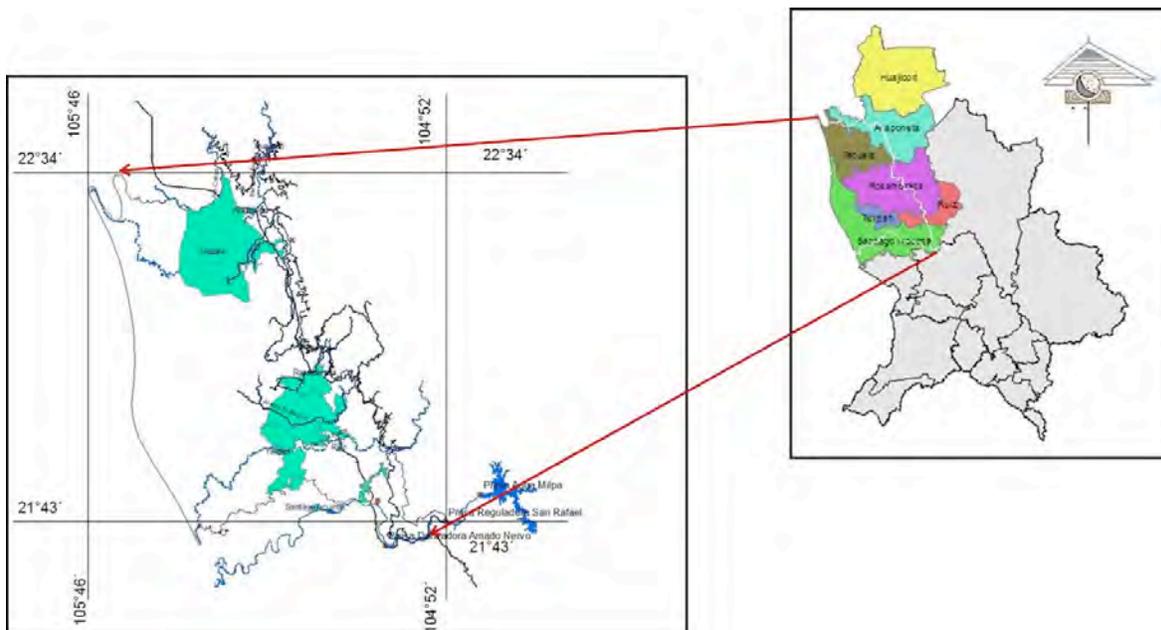
**Ilustración 2. Asesoría en medición en la red de distribución.**

Los resultados al final del ciclo muestran que en los seis módulos asesorados por el IMTA, con una superficie física sembrada de 95,867 ha, no hubo pérdidas significativas por falta de agua en los cultivos y, en promedio, se obtuvo una producción de 6 t/ha en los cultivos de maíz y sorgo, lo cual, para un ciclo primavera-verano, es aceptable. Además, disminuyeron los problemas sociales vinculados con la falta oportuna del agua para los cultivos y concluir satisfactoriamente el ciclo agrícola.

## □ **Estudio de prefactibilidad del Canal Nayarit**

**Pedro Rigoberto Lázaro Chávez**  
pedro\_lazaro@tlaloc.imta.mx

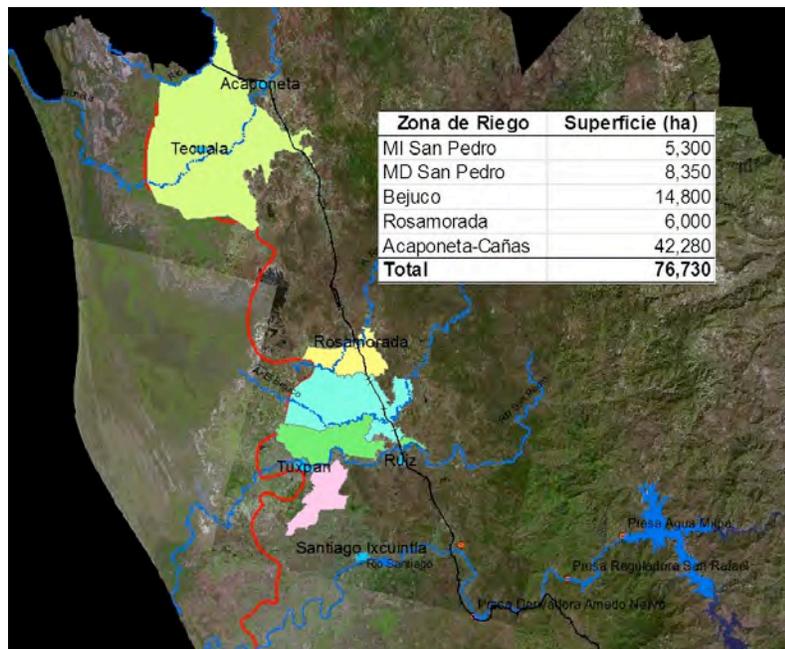
En la porción norte de la planicie costera de Nayarit, se identificó una superficie cercana a las 80,000 ha que presentan condiciones para incorporarse al riego, lo cual permitirá beneficiar a 17,500 productores agrícolas distribuidos en siete municipios del estado. Esta superficie se localiza en las cuencas de los ríos Santiago, San Pedro, Bejuco, Rosa Morada, Acajoneta y Cañas. Con objeto de realizar el análisis técnico y económico de las alternativas de inversión para beneficiar dicha superficie con los volúmenes disponibles en el río Santiago, la Dirección Local de CONAGUA, el gobierno del estado y el IMTA elaboraron el estudio de prefactibilidad del Canal Nayarit (Costa de Oro).



**Localización de la superficie a beneficiar.**

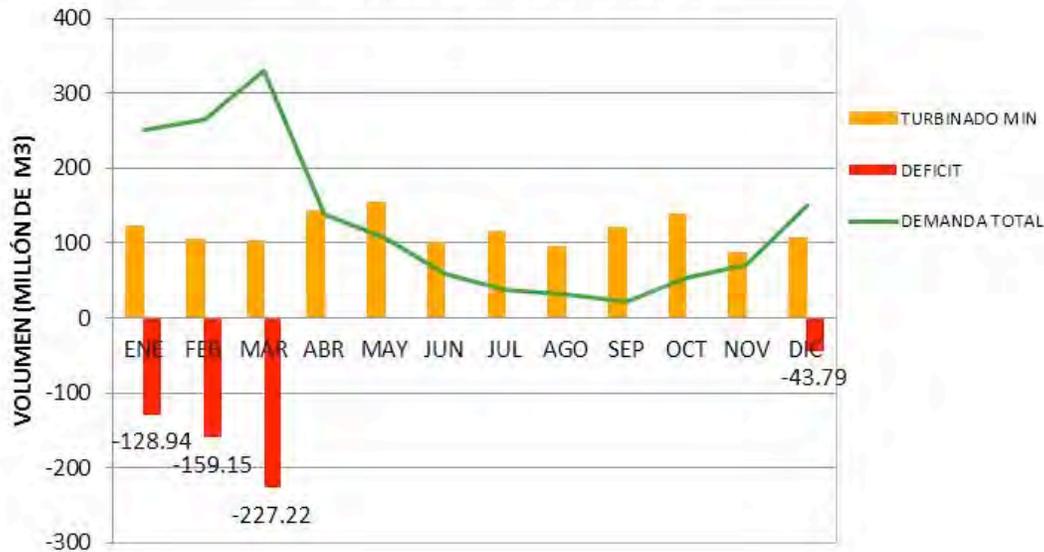
El estudio consideró una descripción general de la zona proyecto; la revisión, análisis y verificación de gabinete y en campo de los estudios básicos (topográfico, hidrológico, agrológico, uso actual del suelo, banco de materiales, agroclimatológico, socioeconómico, e impacto ambiental); el diagnóstico técnico; la programación agrícola; el análisis de alternativas a nivel de anteproyecto y el análisis económico-financiero de las inversiones.

Los principales resultados del estudio de prefactibilidad indican que es posible incorporar al riego una superficie física de 76,730 ha y, considerando un índice de repetición de cultivos de 1.14, es posible establecer una superficie de 87,000 ha en la cuenca del río Acajoneta (55%), y el resto en las cuencas de los ríos San Pedro, Bejuco y Rosa Morada. Asimismo, que los volúmenes turbinados mensuales por la presa Aguamilpa, localizada en el río Santiago, respecto a la demanda de la superficie beneficiada, propician un déficit hídrico durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, por lo que será necesario modificar el régimen de turbinación de la presa Aguamilpa o considerar fuentes de abastecimiento adicionales.



**Distribución de la superficie factible de incorporarse al riego.**

Asumiendo que no existiera restricción en el volumen disponible en el río Santiago (déficit cero), el costo total del Canal Nayarit y zonas de riego ascendería a \$9,720 millones de pesos, con una Razón Beneficio-Costo de 1.09, una Tasa Interna de Retorno de 13.6% y un Valor Actual Neto de 1,099 millones de pesos.



Distribución del volumen disponible en el río Santiago y demanda de riego.

- **Reglamentar la operación; elaborar el inventario, registro y caracterización de unidades de riego; y elaborar el Plan Director para rehabilitar y modernizar un grupo de unidades de riego en Jalisco, Zacatecas y Durango**

Santiago Jaimes García  
sjaimes@tlaloc.imta.mx

José Ángel Guillén González  
guillen@tlaloc.imta.mx

Ernesto Olvera Aranzolo  
aranzolo@tlaloc.imta.mx

En México existen 39,000 unidades de riego (UR) que integran una superficie de 3 millones de ha, que representa el 46% de la superficie total de riego. En la mayor parte de ellas no se utiliza plenamente la infraestructura de riego conforme a su proyecto original. Para consolidar las acciones de administración, operación y mantenimiento de las UR, se requieren reglamentos que faciliten dichas acciones, padrones de usuarios e inventarios de infraestructura actualizados, así como capacitación.

Para apoyar estos trabajos, el IMTA ha participado con la CONAGUA en Jalisco, Zacatecas y Durango, durante 2012.

En los tres estados se realizaron acciones de organización, reglamentación y actualización de padrones de usuarios, así como de capacitación de técnicos, autoridades y usuarios de las unidades de riego.

En Jalisco se elaboró un Plan Director de cuatro UR, las cuales se integraron en la Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL) denominada Asociación de Usuarios de Riego del Municipio Casimiro Castillo, para beneficiar 136 usuarios con una superficie de 642 ha del municipio de Casimiro Castillo.

En Zacatecas se elaboraron tres planes directores y se integraron 147 UR en tres SRL denominadas Unión de Productores de Riego del Valle de Guadalupe, Zacatecas, Productores Unidos de Riego de la Cuenca Aguanaval y Unión de Productores Agrícolas de General Pánfilo Natera, Zacatecas, para beneficiar 687 usuarios con una superficie de 5,656 ha, de los municipios de Guadalupe, Fresnillo y General Pánfilo Natera. Además, se llevó a cabo el inventario, registro y caracterización de 185 UR en una superficie de 11,428 ha en los municipios de Guadalupe, General Pánfilo Natera, Ojocaliente y Trancoso.

En Durango se elaboraron dos planes directores de 57 UR, que se integraron en dos SRL denominadas Productores Agropecuarios de Nombre de Dios y Unidades de Riego Corsarios de San Juan, para beneficiar 830 usuarios con una superficie de 2,978 ha de los municipios de Nombre de Dios y San Juan del Río.



**Asociación de Usuarios de Riego del municipio Casimiro Castillo, Jalisco.**



**Productores agropecuarios de Nombre de Dios, Durango.**



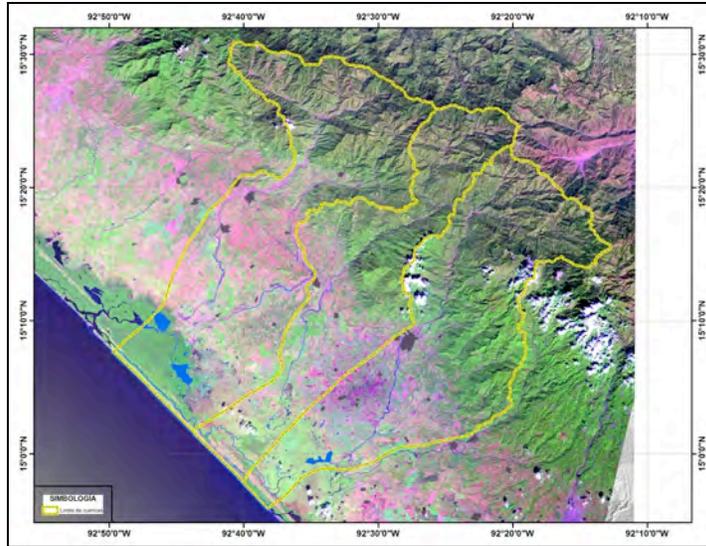
**Productores agropecuarios de San Juan del Río, Durango.**

- ***Inventario y programa de manejo integral para la preservación de los humedales del Soconusco a través de su delimitación, caracterización ecológica, hidrológica, social y grado de riesgo***

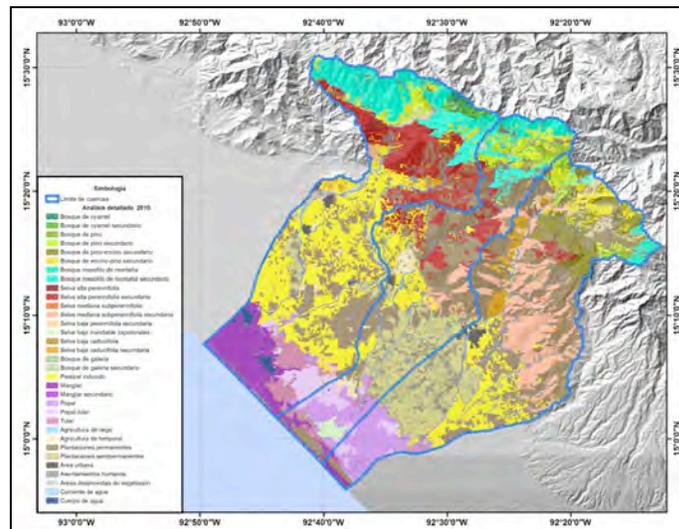
**Jorge Brena Zepeda**  
jbreña@tlaloc.ima.mx

Para la formulación de políticas y programas, en el marco de lo dispuesto por la LAN, la CONAGUA requiere contar con una base de información sólida y amplia sobre los humedales más importantes del país, como sucede con la región del Soconusco en la costa de Chiapas, que incluya fundamentalmente la ubicación, caracterización hidrológica y socioeconómica de los humedales de esta zona. A partir de los resultados obtenidos, se podrá comprender con mayor amplitud la estructura y funciones de cada microcuenca en el contexto de una visión estratégica, y generar las propuestas y prioridades que sustenten un manejo integral de estas microcuencas y de las zonas costera y marina, para una gestión sustentable de las aguas en el pacífico sur.

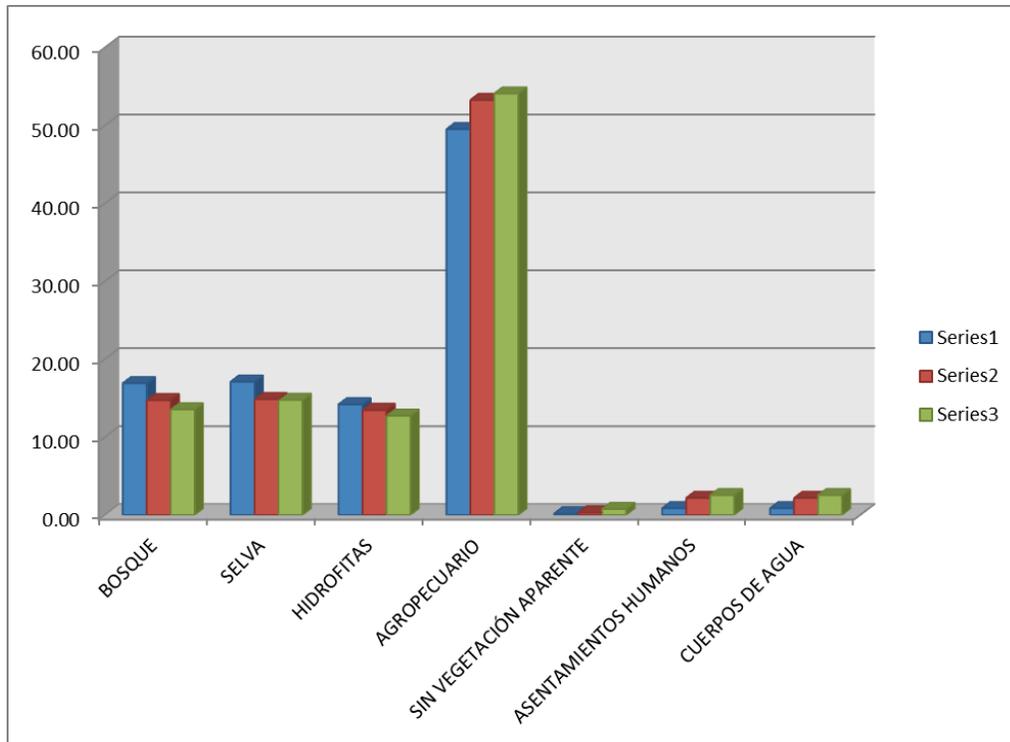
Se evaluó el estado y tendencias de conservación/deterioro de los humedales mediante el análisis de imágenes satelitales tomadas de 1986 a 2010, se desarrolló la modelación prospectiva espacio temporal de escenarios de uso de suelo y vegetación mediante la aplicación de técnicas multicriterio y multiobjetivo y se recopiló, homologó e integró la información geográfica y documental empleada para el desarrollo del presente estudio en una geobase digital referenciada.



Mosaico de imágenes Spot 2010 de la zona de estudio en la Costa de Chiapas.



Mapa de vegetación y uso de suelo obtenido de las imágenes Spot 2010.



**Comparativo del cambio en las principales coberturas en los años 1986, 2004 y 2010.**

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

SEMARNAT  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



### □ *Estudio de políticas, medidas e instrumentos para la mitigación de gases de efecto invernadero*

Norma Ramírez Salinas  
nramirez@tlaloc.imta.mx

El gobierno de México reconoce al cambio climático como un problema global que requiere la acción de todos los países. En este sentido, México ha establecido metas voluntarias de reducción de emisiones para 2020, 2030 y 2050, mismas que espera alcanzar mediante acciones de eficiencia energética, sustitución de combustibles y uso de tecnologías con baja emisión de carbono, modernización de infraestructura y servicios, captura de carbono, reducción de deforestación y degradación de bosques y suelos, entre otras. México asume el objetivo de reducir en 50% sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al 2050, con relación a las emitidas en el año 2000, lo que podría contribuir a un escenario de estabilización global de las concentraciones de GEI en la atmósfera.

Con el objetivo de estimar la aportación de GEI en la categoría del tratamiento de aguas residuales dentro del inventario nacional de emisiones de GEI, así como de establecer un diagnóstico de las principales fuentes de emisiones del sector e identificar las medidas de mitigación de las emisiones a futuro, se realizó un diagnóstico de las principales fuentes de emisiones del subsector aguas residuales en México, con base en información estadística oficial y siguiendo los criterios de las directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de GEI.

Una vez identificados los sistemas de tratamiento, se estimó el grado de emisión (GE) de GEI de los sistemas de tratamiento, el cual es el resultado del producto del factor de emisión de metano (FEM) por el grado de utilización (Ui). El grado de emisión indica de cierta manera, que los sistemas de tratamiento, vías de distribución y de descarga deben ser tomados como fuentes prioritarias de emisión de GEI. La baja cobertura de alcantarillado y de tratamiento, así como su descarga a cuerpos receptores principalmente a cuerpos de agua, son elementos que tienen un grado de emisión importante respecto a los sistemas de tratamiento. Se concluye que los lodos activados representan el sistema que más emisiones de GEI puede generar, debido principalmente a su mayor grado de utilización. Se analizaron además las emisiones de CH<sub>4</sub> por el tipo de sistema de tratamiento y tipo de vía o descarga, con

el fin de identificar qué sistemas aportan más CH<sub>4</sub> al inventario. El análisis de las emisiones de CH<sub>4</sub> por sistema de tratamiento, vías de distribución y descarga dio como resultado que el 68.5% de las emisiones de CH<sub>4</sub>, son aportadas por el agua colectada, no tratada y no colectada, no tratada y su descarga a cuerpo receptor. En segundo lugar, se encuentran los sistemas de tratamiento tipo aerobio (lodos activados) con un aporte del 15.2%.

Así también, se realizó un análisis causa-efecto de medidas de mitigación y el impacto positivo que genera su implementación, así como los escenarios 2020, 2030 y 2050 esperados en cada uno de estos elementos.

Los resultados obtenidos serán la base para el análisis de rutas tecnológicas que promuevan la reducción de emisiones, así como la identificación y análisis de las barreras que impiden la implementación.

□ ***Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-XXX-SEMARNAT-2012, que establece el listado de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes (RETC)***

Se participó con la SEMARNAT para establecer una norma que será aplicable a todos los establecimientos que emitan a la atmósfera y descarguen aguas residuales en cuerpos receptores: industria química, petróleo y petroquímica, pinturas y tintas, automotriz, celulosa y papel, metalúrgica, vidrio, generación de energía eléctrica, asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos, así como generadores de residuos peligrosos.

La emisión/transferencia es el umbral aplicable cuando la sustancia, en cualquier estado físico, sea liberada de forma directa (emisión) al aire, a cuerpos de agua considerados aguas nacionales, suelo y subsuelo, o bien, cuando la sustancia sea trasladada (transferencia) en un subproducto, un residuo o en una descarga de agua al alcantarillado.

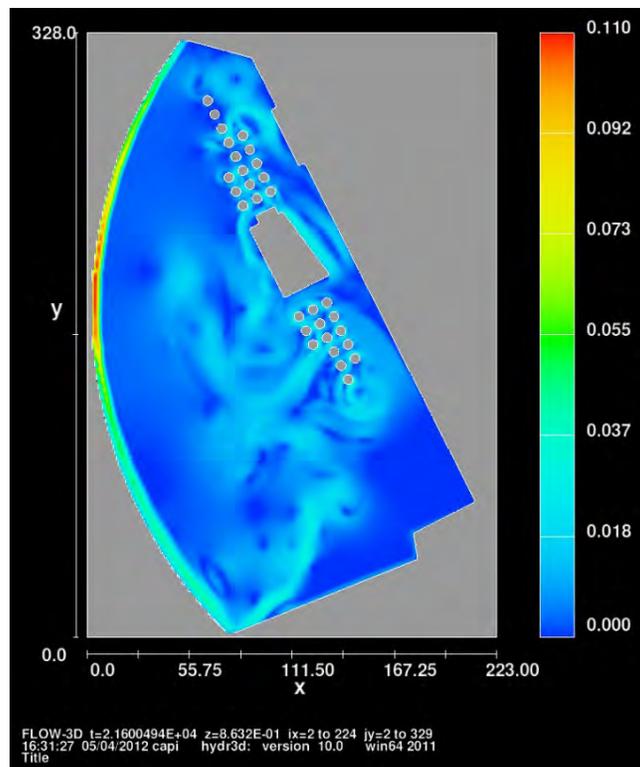
□ **Diseño ejecutivo de la planta de tratamiento de aguas residuales del Parque Bicentenario**

Fernando Pozo Román  
fpozo@tlaloc.imta.mx

Se concluyó el proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento que utilizará aguas de la ciudad de México para el riego del Parque Bicentenario: planos, especificaciones para adquisición de equipos, catálogos de obra y su presupuesto.

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 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.

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 DE COLABORACIÓN CON LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL

SEDESOL  
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***

Roberto Romero Pérez  
rromero@tlaloc.imta.mx

Desde 2011 se estableció un convenio de colaboración bianual entre el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y el Programa de las Naciones Unidas ONU–Hábitat. El objetivo general consistía en apoyar la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades urbanas y periurbanas marginadas. Para alcanzar este objetivo, se planteó, junto con el apoyo de la Unidad de Programas de Atención de la Pobreza Urbana (UPAPU) de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), brindar asistencia técnica y apoyar la ejecución de dos proyectos piloto sobre tecnologías alternativas en dos polígonos Hábitat del país. Se tomaron como casos de prueba dos localidades de Morelos: una colonia periurbana (aeropuerto en Temixco) y un Centro de Desarrollo Comunitario –CDC– (en Alpuyeca, Xochitepec).

Durante 2012, se realizaron los proyectos ejecutivos para instalar las tecnologías alternativas en ambos municipios. En el caso del CDC de Alpuyeca, se construyó un sistema de captación de agua de lluvia (incluye cisterna capuchina y dispositivo UV para potabilización), un humedal para tratamiento del agua residual y un sistema de riego para el reúso del agua tratada.



**Cisterna capuchina construida en el Centro de Desarrollo Comunitario de Alpuyeca, Morelos.**



**Humedal construido en el Centro de Desarrollo Comunitario de Alpuyeca, Morelos.**



**Humedal construido en el Centro de Desarrollo Comunitario de Alpuyeca, Morelos.**

□ ***Estudios hidrológicos y de calidad del agua***

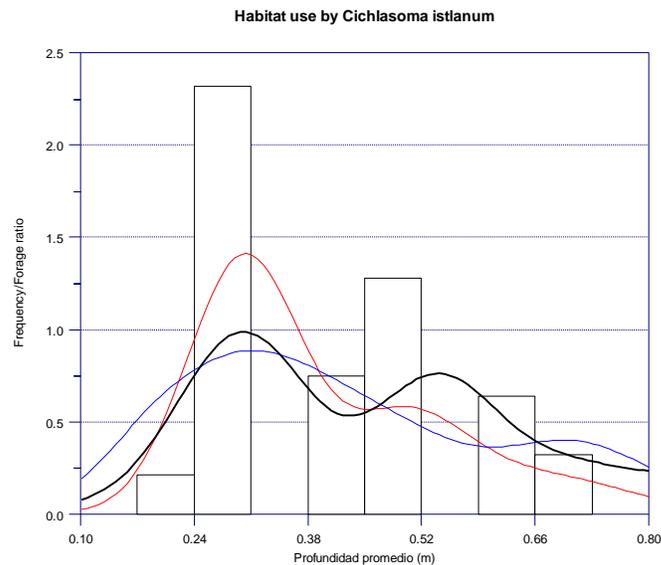
**María Antonieta Gómez Balandra**  
**magomez@tlaloc.imta.mx**

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.



**Ubicación y tramo del río Balsas en estudio.**

Se establecieron diez sitios de monitoreo para el tramo en estudio. La calidad del agua es de moderada calidad y la aportación de los manantiales al río Balsas es del orden del 0.02 % del caudal que transita por el cauce principal. En cuanto a la biota del río, el organismo que puede ser utilizado como indicador, tanto de la calidad del agua como de la cantidad para la determinación del caudal ecológico, es *Cichlasoma istlanum*.



Uso de hábitat en función de la profundidad (m) de *Cichlasoma istlanum* en el tramo del río Balsas comprendido entre los embalses El Caracol y El Infiernillo. Preferencia de hábitat (línea en negrita y barras), disponibilidad de hábitat (línea azul) y utilización del hábitat (línea roja) expresadas como distribuciones de frecuencias atenuadas de kernel. El histograma representa las tasas de forrajeo obtenido para cada intervalo de profundidad. La flecha indica la profundidad óptima preferida por la especie (modelada).



**Mojarra criolla (*Cichlasoma istlanum*).**

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



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

Juan Gabriel García Maldonado  
gabriel\_garcia@tlaloc.imta.mx

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

Con el fin de mejorar el nivel de vida de las niñas, niños y jóvenes del albergue escolar indígena en la localidad de Choguita, Bocoyna, Chihuahua, se propuso establecer un modelo en el manejo integral del agua con enfoque sustentable. Los resultados obtenidos constan de un sistema de potabilización, un tanque de almacenamiento de agua cruda y otro para agua potabilizada, la rehabilitación de la fosa séptica y la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de humedales artificiales de flujo subsuperficial, un sistema de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, un “centro de acopio” cerrado y techado para la separación de los residuos sólidos inorgánicos, un estanque acuícola para cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), una cisterna de almacenamiento para alimentar de agua al estanque de engorda de peces y/o al huerto/invernadero, un huerto/invernadero con un Tanque de Descargas de Fondo, un gallinero, un huerto para la producción de manzana, un sistema fotovoltaico, un sistema de calentadores solares; una bodega una para almacenar herramientas y otra para almacenar semillas y alimento de peces y gallinas, la instalación de una caseta con dos baños y su conexión al sistema de tratamiento de aguas residuales, la reubicación de las antenas de Internet y televisión e instalación de plataforma de concreto, la instalación de un presurizador para el sistema de potabilización y una puerta de acceso de la secundaria al albergue con base en malla ciclónica.



Caseta de la planta potabilizadora y cisterna de almacenamiento de agua cruda.



Sembrado de peces en el estanque de acuicultura.

## TRABAJOS DE COLABORACIÓN CON ENTIDADES Y MUNICIPIOS



### Chiapas

- ***Elaboración de los planes de gestión integral de las cuencas de los ríos: Cintalapa-La Venta, Huixtla y San Nicolás, en Chiapas***

Ramón Arturo Piña Sánchez  
rpina@tlaloc.imta.mx

La CONAGUA, a través del Organismo de Cuenca Frontera Sur, apoyó al Instituto Estatal del Agua en Chiapas (INESA) para la contratación del IMTA, a fin de elaborar los planes de gestión hídrica en las cuencas señaladas, con objeto de reforzar el proceso de planificación en el ámbito local, con la concurrencia y participación de distintas instituciones y organismos de los tres niveles de gobierno, así como de los diferentes usuarios del agua, del sector privado y de los grupos interesados de la sociedad en cada cuenca.

De esta manera, a partir de la información obtenida en documentos base de la política hídrica nacional, regional y estatal, así como por medio de talleres

participativos con los principales involucrados, organizados y dirigidos por el IMTA en cada cuenca, en los que se analizaron y definieron las acciones necesarias para lograr la sostenibilidad social, económica y ambiental, se establecieron en cada Plan de Gestión Integral los lineamientos y estrategias de corto, mediano y largo plazos para un uso sustentable del agua y el abastecimiento seguro a sus diferentes usuarios, así como los catálogos de proyectos que permitirán lograr la visión altamente deseable de contar con ríos limpios, cuencas y acuíferos en equilibrio, cobertura universal de agua potable, alcantarillado y saneamiento, y ciudades no vulnerables a inundaciones catastróficas en cada cuenca.



Portadas de los tres documentos resultantes del proyecto.

## Chihuahua

- **Diagnóstico y proyecto ejecutivo del área comercial de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Delicias, Chihuahua**

**Petronilo E. Cortez Mejía**  
pcortes@tlaloc.imta.mx

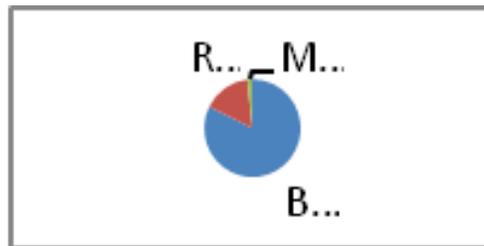
En el 2011 BANOBRAS arrancó el Programa Piloto de Modernización del Área Comercial de Organismos Operadores de Agua, al que la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Delicias se integró en septiembre de 2012, con el fin de profundizar en la problemática comercial detectada, y aterrizar las acciones en un proyecto ejecutivo del área comercial.

Dentro de las actividades del Programa, se realizaron el diagnóstico de medidores, verificación del padrón de usuarios, validación de lecturas, captura y facturación, y evaluación de su recaudación y cobranza. Asimismo, la evaluación de

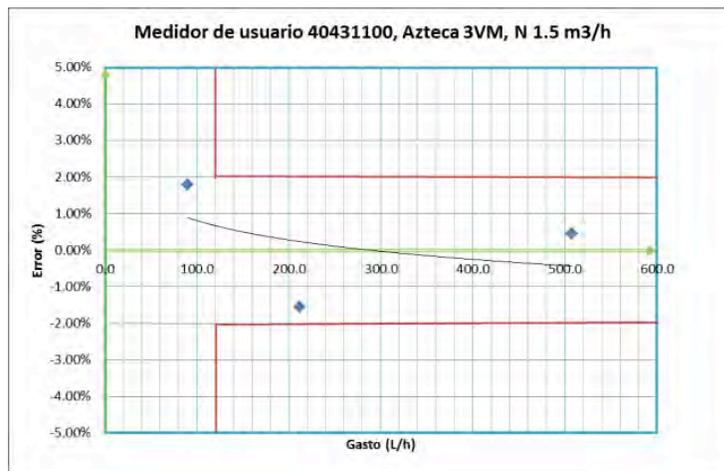
procedimientos comerciales y su aplicación, equipamiento informático, instalaciones y mobiliario, áreas de atención al público, satisfacción del cliente, software para el manejo de la recaudación, programas de cultura del agua, elaboración del proyecto ejecutivo del área comercial, etcétera.

Como resultado se obtuvo que la cobertura de micromedición es mayor al 95%, pero solamente entre el 18 y 30% satisface los límites permisibles de errores. Otro problema importante es la morosidad de pago, lo que obliga a la aplicación sistemática de convenios y cortes. Es importante precisar, que derivado del presente estudio, se obtendrá un plan de acciones con el objetivo de fortalecer el área comercial de la Junta Municipal y con ello tener acceso a recursos económicos por parte de BANOBRAS.

Como impactos del Programa figuran un cobro más justo por el servicio, el incremento de la cobranza y los ingresos propios, y que coadyuva a la sustentabilidad de las fuentes de abastecimiento y a su oferta de equilibrio.



**Nivel de satisfacción global en trámites y pago de servicios en oficinas centrales y en sucursal.**



**Curva de errores resultante de la prueba realizada en sitio a un medidor de usuario.**

**Coahuila**

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

**Martín Piña Soberanis**  
mpina@tlaloc.imta.mx

Debido a la sobreexplotación 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. El IMTA realizó los diseños funcionales de siete plantas potabilizadoras para remoción de arsénico empleando la filtración directa, la cual consiste en la aplicación en línea de cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) como coagulante, mismo que al mezclarse con el agua forma hidróxidos de hierro insolubles, los cuales adsorben el arsénico y estos a su vez, son retenidos en los filtros.

El diseño del IMTA resultó muy exitoso, ya que las plantas tienen remociones de arsénico del 94 al 100%, cumpliendo con las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la normatividad Mexicana (modificación del año 2000 de la NOM-127-SSA1-1994), que establecen concentraciones máximas permisibles de arsénico de 10 y 25 microgramos por litro respectivamente en el agua potable. Las plantas potabilizadoras operan con dosis de  $\text{FeCl}_3$  al 40% de 12.3 a 32.7 mg/L y ciclos de filtración de 48 horas. Los filtros se encuentran operando solamente con la energía de los pozos, por lo que el costo de operación es de  $\$0.3/\text{m}^3$ .



**Planta potabilizadora Paso del Águila.**



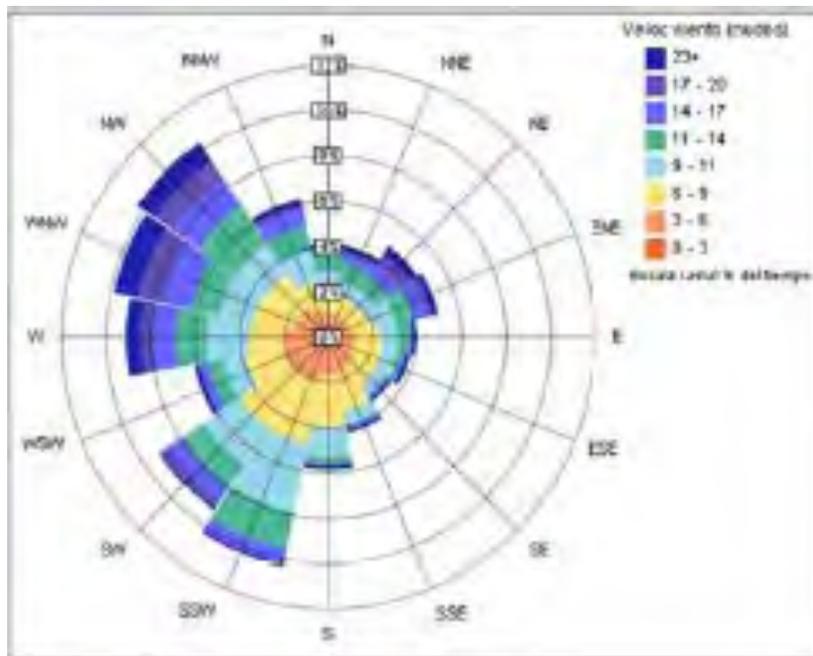
**Planta potabilizadora del pozo 67.**

## Morelos

- **Operación y calibración de redes de estaciones agroclimatológicas en las principales regiones agropecuarias del estado de Morelos**

Esteban Pardo García  
[esteban\\_pardo@tlaloc.imta.mx](mailto:esteban_pardo@tlaloc.imta.mx)

La red de estaciones agrometeorológicas del estado de Morelos, que opera desde el año 2006, monitorea las variables meteorológicas a tiempo real en las principales regiones agropecuarias de esta entidad. Se optimizaron los procesos de recepción, procesamiento y publicación de la información generada por esta 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. También se calibraron los principales sensores y se desarrolló una aplicación para monitorear la velocidad y dirección del viento por estación y región por periodos de tiempo.



**Monitoreo del viento.**



Gráficas de las principales variables.

□ **Espacio de educación ambiental y cultura del agua de Chapultepec**

José García Caspeta  
jose\_garcia@tlaloc.imta.mx

En el marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Río Apatlaco, el diseño del modelo de casa ecológica desarrollado por el IMTA en el año 2007 fue adaptado como espacio de educación ambiental y cultura del agua y durante el año 2012 se instaló en el interior del parque ecológico Chapultepec de Cuernavaca Morelos, como parte de una estrategia para fomentar en los visitantes que acuden a este lugar de esparcimiento un cambio de actitudes respecto a la forma en la que vivimos, contribuir en el desarrollo de una cultura de protección al medio ambiente y aportar ideas sobre una propuesta técnicamente sólida que pueda incidir en desarrollos inmobiliarios que consideren principios de sustentabilidad. La casa ecológica se instaló con la participación de la Fundación Gonzalo Río Arronte y la Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Morelos.



Vista frontal del espacio de educación ambiental.



Vista posterior del espacio de educación ambiental.

- ***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)***

Sandra Vázquez Villanueva  
sandra\_vazquez@tlaloc.imta.mx

A partir del diagnóstico de la situación del agua y saneamiento en comunidades marginadas de los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla, Atlatlahucan y Totolapan, en Morelos, se determinaron acciones específicas para mejorar el abastecimiento de agua y promover el aprovechamiento y tratamiento del agua residual, a ejecutarse en dos etapas.

A la fecha, las dos etapas se encuentran concluidas, la primera 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 concluyó la transferencia de 640 TA agrupadas en ochenta paquetes integrales para el manejo sustentable del agua en vivienda en El Vigía y El Pedregal (Tlalnepantla), Villa Nicolás Zapata y Nepopualco (Totolapan), Col. Pozo Mancera (Atlatlahucan), Santo Domingo Ocotitlán, Tlaltépetl y San Juan Tlacotenco (Tepoztlán), conformados por: cisterna de almacenamiento, 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 rehabilitaron seis hoyas de captación y almacenamiento de agua de lluvia, y un cárcamo central para el bombeo mediante energía solar.

A través de estas acciones, las viviendas con TA contaron con una dotación de agua para uso doméstico, y con la rehabilitación de las seis hoyas comunitarias se recuperó una capacidad total de almacenamiento de 24,693 m<sup>3</sup>, con lo que se disminuirá el impacto negativo a la salud, además de que se generaron una serie de beneficios económicos y sociales por efecto del incremento de la dotación de agua por habitante, favoreciendo las condiciones de vida en una población estimada en 3,396 habitantes. Este proyecto se realizó con la participación de la CONAGUA, el gobierno del estado de Morelos a través de la Comisión Estatal de Agua y la Fundación Gonzalo Río Arronte.



Coajomulco, hoya gemela 2, Vol= 8,200 m<sup>3</sup>.



Tecnologías apropiadas a nivel vivienda.

### □ **Modelado hidrodinámico del río Yautepec, Morelos**

**Jorge Brena Zepeda**  
jbreña@tlaloc.ima.mx

El objetivo del proyecto consistió en instrumentar un modelo hidrológico para reducir el riesgo de inundaciones en la ciudad de Yautepec, Morelos, y proponer las obras necesarias para ello. Esto apoyará el comportamiento hidrológico de cuencas similares en el país y la aplicación de medidas y acciones correctivas.

La participación del grupo de Geomática del IMTA consistió en generar información de contexto a partir de imágenes de satélite, así como el levantamiento de secciones hidráulicas en diferentes tramos del río Yautepec, mediante el empleo de equipos GPS de alta precisión.



Yautepec, Morelos. Ubicación (en rojo) de las secciones hidráulicas del levantamiento.



Levantamiento del perfil del río con GPS de alta precisión, en una sección del río Yautepec.



Registro de la altura alcanzada por el agua del Yautepec en la avenida ocurrida en 2010; que apoyó el modelado hidrológico.

## Oaxaca

- ***Estudio jurídico-tarifario para la Administración Directa de Obras y Servicios de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de Oaxaca (ADOSAPACO)***

Flor Virginia Cruz Gutierrez  
flor\_cruz@tlaloc.imta.mx

La Administración Directa de Obras y Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Oaxaca (ADOSAPACO) que presta servicio a la localidad de Oaxaca de Juárez y parte de su área conurbada, tiene como objetivo asegurar el acceso al servicio de agua potable a toda la población, cuidando su disponibilidad y fomentando su uso eficiente, por lo cual busca mejorar su autosuficiencia financiera mediante la recuperación de los costos a través de la adecuación de las tarifas con

criterios económicos, sociales y ambientales. Por ello, la CONAGUA, a través del Organismo de Cuenca Pacífico Sur, solicitó al Instituto un estudio jurídico tarifario.

El primer antecedente del que se tiene registro sobre las tarifas del servicio de agua potable y alcantarillado que aplica la ADOSAPACO, es el decreto 178 autorizado y publicado en el periódico oficial de dicho estado el 28 de diciembre del año 1991; y entró en vigor al día siguiente de su publicación. Desde ese año, hasta diciembre de 2011, las tarifas permanecieron sin ningún incremento hasta enero de 2012, por lo que durante esos veinte años las tarifas sufrieron una enorme pérdida del valor. Fue hasta enero de 2012 que las tarifas de agua se incrementan e incluso se incluye el cobro por servicio de descarga sanitaria. Sin embargo, éstas tarifas aún resultan muy bajas para poder enfrentar al menos los costos de operación y mantenimiento y menos aún permite invertir en la infraestructura necesaria para poder incrementar la calidad y cobertura de dichos servicios.

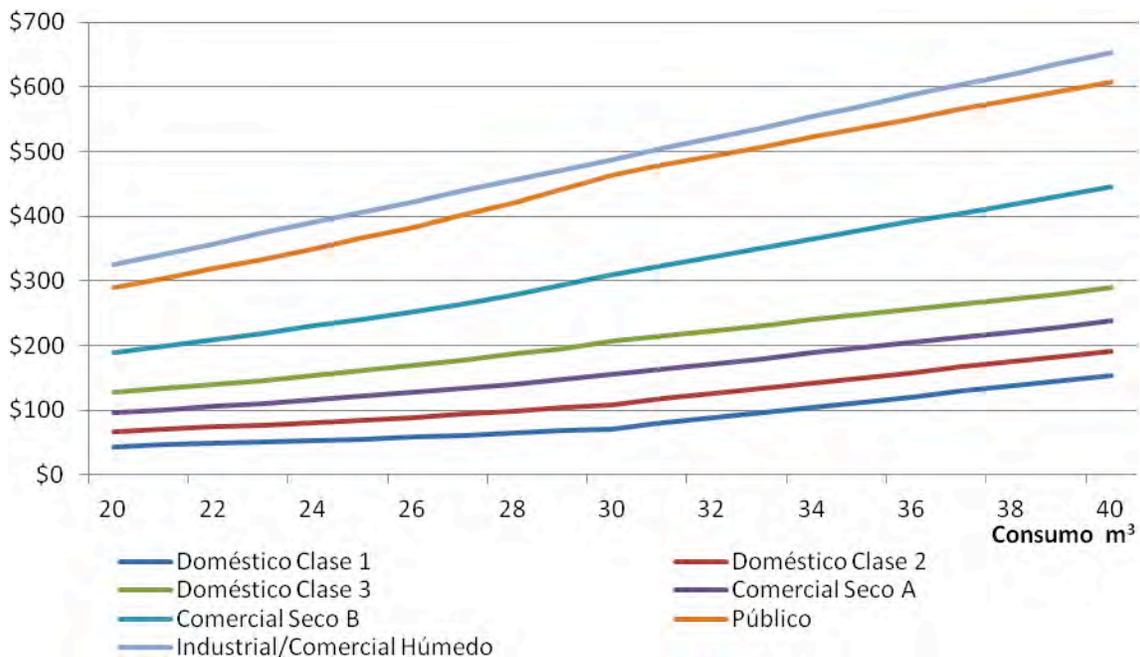
Se elaboró un análisis detallado de la legislación federal, estatal y municipal aplicable en materia de cuotas y tarifas de agua, que permitió detectar con detalle aquellos obstáculos e inconsistencias en la legislación y sugerir modificaciones para armonizar y generar un mejor marco normativo en el cual puedan sustentar su actuación las autoridades e instancias encargadas de la prestación del servicio de agua y saneamiento. También se hizo un análisis de los aspectos sociales, económicos y políticos de la zona de estudio, así como del sistema comercial.

Considerando los elementos anteriores, se elaboró la propuesta tarifaria que busca cumplir distintos objetivos de eficiencia económica, autofinanciamiento, acceso a los servicios y transparencia. Se desarrollaron tres escenarios que fueron analizados y discutidos con el personal de la ADOSAPACO y con la Secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado de Oaxaca a fin de mantener la viabilidad de la aplicación de las nuevas tarifas. La estructura tarifaria propuesta tiene las siguientes consideraciones: mantener los subsidios para los usuarios domésticos y en menor medida para los usuarios de tipo comercial seco para un nivel de consumo razonable; implementar los subsidios cruzados entre los usuarios de tipo industrial y público para beneficio de los usuarios domésticos en niveles razonables de consumo; no subsidiar en ningún nivel de consumo las tarifas para uso industrial; dado el bajo nivel de micromedición, mantener las tarifas fijas por tipo de usuario; simplificar la clasificación de usuarios que actualmente tiene 10 tipos; mantener el periodo bimestral del proceso de toma de lectura, facturación y cobro, a fin de no incrementar los costos de operación del organismo y por último, mantener la tarifa del 10% para el servicio de alcantarillado y saneamiento.

Se propuso una estructura tarifaria viable para servicio medido y no medido, así como el cobro del 10% de servicio de saneamiento, que incluye el servicio de alcantarillado y tratamiento.

Esta estructura permitirá incrementar la facturación de \$9.1 millones a \$13.8 millones bimestrales, mientras que la tarifa media se incrementaría de \$8.84 a \$12.69, lo cual representa el 95% del costo de producción estimado en \$13.40 por metro cúbico.

También establece tarifas diferenciales incrementales por nivel de consumo y por tipo de usuario.



Tarifa bimestral por tipo de usuario; consumo entre 20 y 40 m³.

También, se hizo un análisis de distintas formas en que podría actualizarse la tarifa considerando la composición de los costos actuales de operación, por lo que se concluye actualizarlas mediante el Índice Nacional de Precios al Consumidor a fin de mantener el valor económico de las tarifas.

De los resultados obtenidos, se estableció la propuesta descrita en párrafos precedentes, misma que fue analizada y autorizada por el H. Congreso del Estado de Oaxaca y publicada en el periódico oficial del 15 de diciembre de 2012, entrando en vigor a partir del 1 de enero de 2013.

## Quintana Roo

### □ Programa para el manejo del agua pluvial de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo

Manuel Rodríguez Varela  
manuel\_rodriguez@tlaloc.imta.mx

La ciudad de Chetumal, Quintana Roo, experimenta históricamente encharcamientos e inundaciones; existe información levantada por el Organismo Operador del Municipio de Othón P. Blanco, perteneciente a la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), donde se ubican 124 puntos de inundación y encharcamiento,

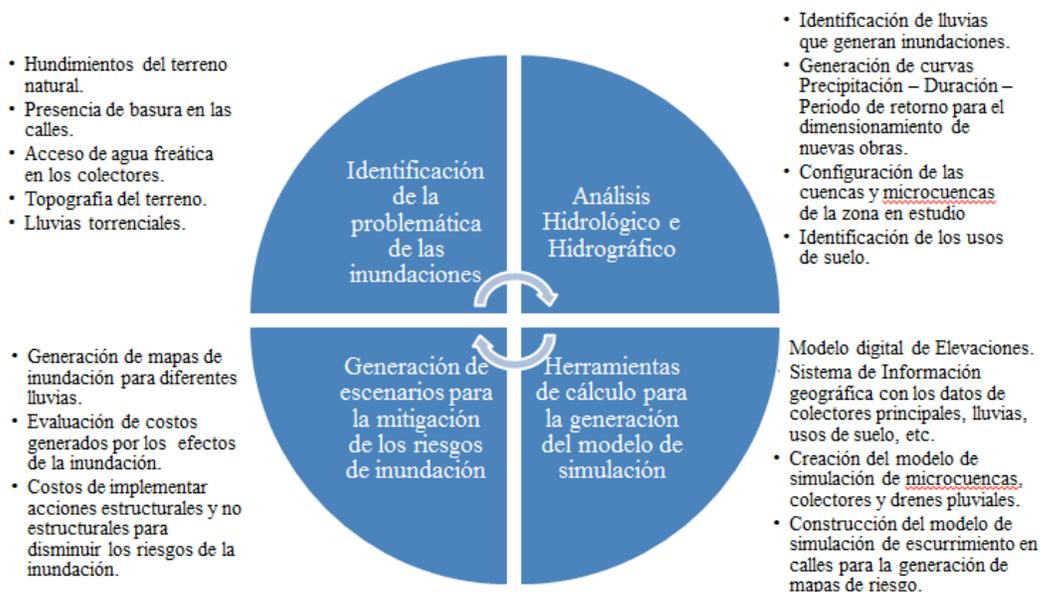
sin embargo la CAPA no cuenta con suficiente personal técnico para el análisis de dicha información.

Con base en lo anterior, se planteó la necesidad de desarrollar un Programa Integral del Manejo de Aguas Pluviales para la ciudad, apoyado en un modelo de simulación hidráulico mediante el cual sea factible realizar diversos escenarios para identificar zonas de riesgo de inundaciones con la finalidad de mitigar los daños materiales que pudieran presentarse y a partir de dichos resultados proponer una solución viable a las inundaciones que padece la ciudad.

El estudio, para su desarrollo, se dividió en cuatro componentes y las principales acciones fueron:

- Identificar el origen de las inundaciones y encharcamientos.
- Análisis hidrológico e hidrográfico para identificar las lluvias que ocasionan inundaciones, así como la generación de lluvias de diseño, uso de suelo, cuencas y microcuencas.
- Se calcularon 676 microcuencas considerando los usos de suelo, coeficientes de escurrimiento por cuenca y microcuenca, y se determinó el gasto máximo de escurrimiento para cada colector pluvial.
- Construcción del modelo de simulación de microcuencas, colectores, drenes pluviales y de escurrimiento en calles.
- Generación de mapas de riesgo de la ciudad de Chetumal, con el objetivo de evaluar los costos materiales generados por la inundación y encharcamiento.

## Manejo Integral de las Aguas Pluviales

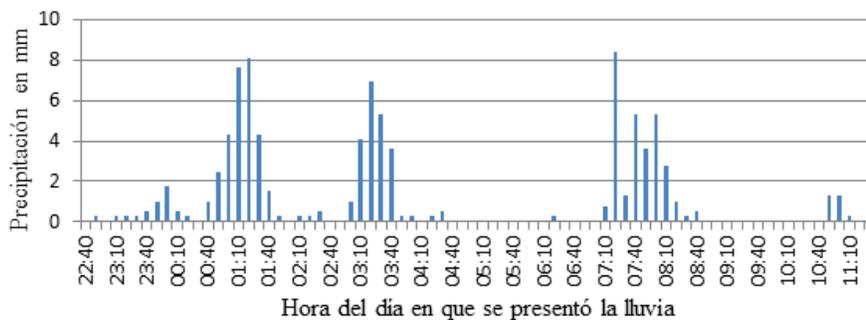


## Componentes de un programa para el manejo integral de aguas pluviales.

Como principales resultados figuran:

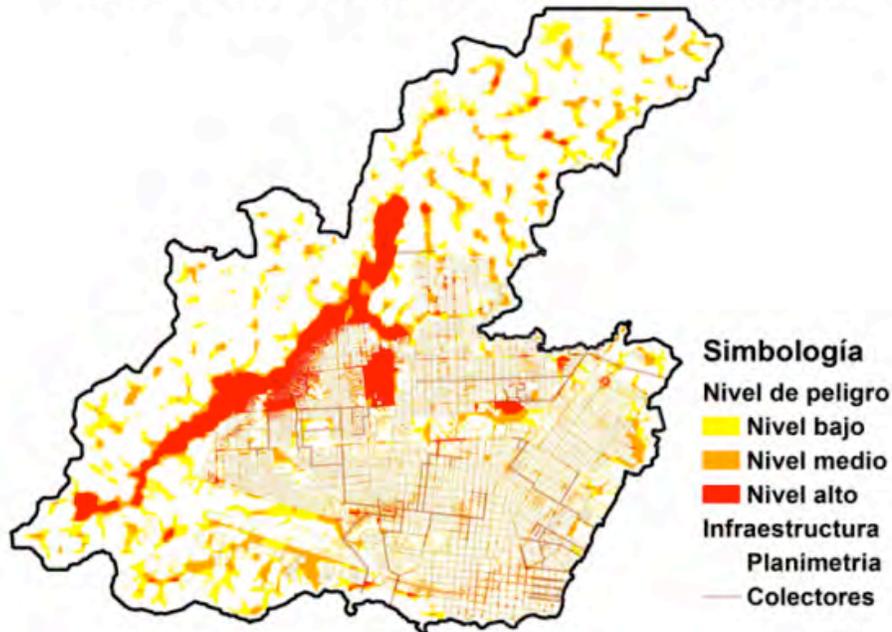
- 1) Diseño de estructuras hidráulicas para mitigar los encharcamientos e inundaciones en la ciudad. Las estructuras hidráulicas consisten en: bombeo, rebombeo, construcción de un tanque de retención, construcción de un colector pluvial y construcción de dos tanques de retención.
- 2) Obtención de las curvas precipitación-duración-periodo de retorno, para la ciudad de Chetumal.
- 3) Obtención del escurrimiento en cada microcuenca para diversos periodos de retorno y dimensionamiento de la infraestructura necesaria asociada a una lluvia tipo.
- 4) Generación de mapas de peligro para la ciudad para periodos de retorno de 2, 5, 10 y 50 años.

Precipitación (mm) registrada los días 17 y 18 de abril del 2012 en Chetumal Quintan Roo



Lluvia registrada los días 17 y 18 de abril del año 2012 en Chetumal.

## MAPA DE PELIGRO PARA UN TR= 25 AÑOS SIN INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PLUVIAL



**Mapa de peligro para un TR de 25 años, si la ciudad no contara con infraestructura hidráulica pluvial.**

Con los mapas de peligro generados para la ciudad de Chetumal, es posible estimar los daños generados para diferentes lluvias, y contar con un plan de contingencia, donde participen diversas dependencias de gobierno y población en general, con el objetivo de atender con mayor planeación, los eventos de lluvia extraordinaria y sus consecuencias en el sitio en cuestión.

Este trabajo resulta pionero debido al nivel y proceso de información en relación al manejo de las aguas pluviales. Destaca el cálculo de los escurrimientos a nivel de calle (tirante y velocidad), situación escasamente desarrollada en nuestro país y en el ámbito internacional. Esta metodología está soportada bajo una plataforma de un modelo numérico en dos dimensiones, situación que en la actualidad no se realizaba en nuestro país para zonas urbanas.

<b>TRABAJOS DE COLABORACIÓN CON ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES</b>	
---	--

## FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE (FGRA)

- ***Planes estratégicos para la recuperación ambiental de: a) barrancas de Cuernavaca y zona conurbada, Morelos, b) cuenca Amanalco-valle de bravo y c) laguna de Zumpango***

Maricarmen Espinosa Bouchot  
maricarmen\_espinosa@tlaloc.imta.mx

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

Bajo este tenor, la ruta metodológica de los Planes Estratégicos tiene su sustento en cinco pilares: 1) el diagnóstico ambiental de la zona de estudio, 2) la identificación y el consenso de problemas prioritarios, 3) el establecimiento de objetivos estratégicos, metas y acciones generales, 4) la identificación, consenso y priorización de proyectos específicos para la recuperación ambiental de la zona de estudio, y 5) el establecimiento de la batería de indicadores como elementos de verificación, evaluación y seguimiento del proceso, teniendo como elemento central el recurso agua.

Considerando como punto indispensable la participación activa de los actores locales, se llevó a cabo una serie de talleres con el fin de consensar y validar cada una de las etapas de la ruta metodológica. Los planes estratégicos se constituyen como un documento de soporte, referencia e insumo obligado para distintos Programas y son, a la vez, una herramienta que orienta y facilita la toma de decisión en lo que se refiere a la selección y priorización de acciones y proyectos bajo un marco que considera tanto los impactos regionales, estatales y locales.



Deterioro ambiental de la Laguna de Zumpango.



Taller de priorización  
de proyectos específicos Cuenca  
Amanalco-Valle de Bravo.

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

Juan Gabriel García Maldonado  
gabriel\_garcia@tlaloc.imta.mx

En el marco de la colaboración con la FGRA, se estableció el compromiso de concluir la instalación de humedal artificial de la localidad de San Jerónimo Purenchécuaro descarga 2, con una capacidad de gasto medio de 1.8 lps. Con la instalación de este humedal artificial, en la cuenca del lago de Pátzcuaro se cuenta con una capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales, utilizando humedales artificiales, de 9.4 lps.

Dentro de este acuerdo de modificaciones se elaboraron y entregaron los proyectos ejecutivos para el humedal artificial con una capacidad de 0.8 lps y la complementación de colectores de la localidad de San Francisco Uricho, municipio de Erongarícuaro Michoacán y los proyectos ejecutivos para el humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales con una capacidad de 1.8 lps y la complementación de colectores de la localidad de San Jerónimo Purenchécuaro descarga 2.



**Sembrado de plantas acuáticas en el humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.**



**Vista general del humedal artificial de la localidad de San Jerónimo Purenchécuaro, descarga 2.**

- ***Manejo integral para el control de malezas acuáticas, especies invasoras y remoción de sedimentos en apoyo a la recuperación de especies emblemáticas y mejora de la calidad del agua del lago de Pátzcuaro, Michoacán***

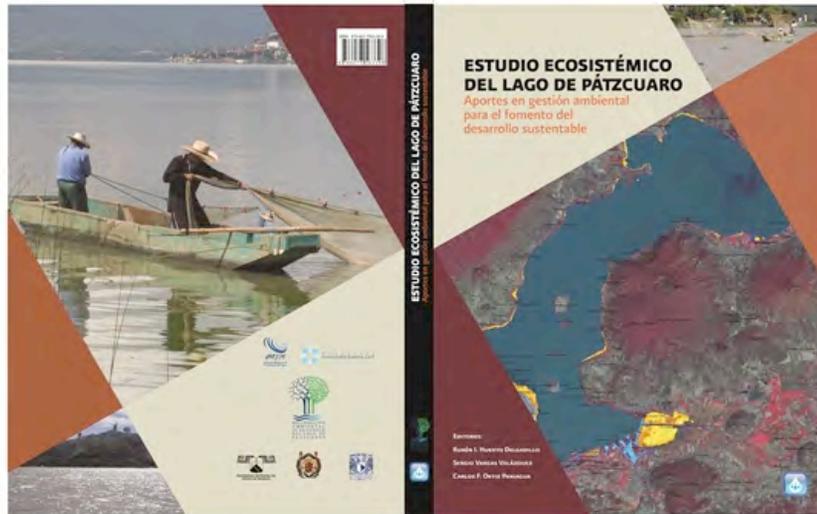
Rubén Ignacio Huerto Delgadillo  
rhuerto@tlaloc.imta.mx

El proyecto se realizó en convenio y colaboración con la Fundación Gonzalo Río Arronte, de mayo de 2008 a marzo de 2012. De acuerdo con los objetivos propuestos, a partir del monitoreo, análisis y validación subsiguiente de la información de campo, se establecieron áreas prioritarias de atención para el control de malezas acuáticas en todo el lago con base en su distribución, asociaciones de especies y biomasa; se limpiaron cerca de 120 hectáreas de maleza durante el periodo.

También, se realizó un estudio ecológico de poblaciones exóticas y nativas de peces, con lo que se determinó su ubicación, dinámica y abundancia actual, la cual también fue validada. A partir de esta información, se elaboró un estudio económico de factibilidad ante la posibilidad de la extracción y control de la carpa en el lago, incluyendo la posibilidad de explotarla comercialmente mediante la elaboración de diversos productos.

Todo lo anterior se realizó en estrecha colaboración con los usuarios e involucrados directos en el lago, como los pescadores y prestadores de servicios mediante la elaboración de talleres y cursos. A lo largo del estudio, se llevó a cabo un seguimiento de las condiciones de calidad del agua del lago mediante indicadores biológicos y modelación de entrada de sedimentos al lago. Finalmente, con toda esta información se desarrolló una estrategia para apoyar la recuperación de los peces

nativos del lago de Pátzcuaro a través del manejo de especies exóticas, mediante un completo análisis de sustentabilidad que incluyó todos los ámbitos sociales, económicos, ecológicos y políticos.



Portada del Libro *Estudio ecosistémico del lago de Pátzcuaro*.

## □ **Sistemas de información para incentivar el cobro-pago del agua**

Víctor Hugo Alcocer Yamanaka  
yamanaka@tlaloc.imta.mx

El IMTA creó en 2005 el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO) ([www.pigoo.gob.mx](http://www.pigoo.gob.mx)), basado en una batería de indicadores de desempeño donde se evalúa un conjunto de 104 organismos operadores de agua potable representativos de todo el país. Actualmente contiene una base de datos histórica con registros anuales entre los años 2002 a 2011. Asimismo, el Instituto, tiene amplio trabajo con distritos y unidades de riego en la aplicación de tecnologías para mejoramiento del desempeño de los mismos.

Por lo anterior la FGRA solicitó al IMTA el realizar un sistema de información específico sobre el cobro-pago del agua, tanto para organismos operadores del agua como para distritos y unidades de riego, con miras al incremento de las eficiencias comercial y de cobro, que permitiera establecer una política de benchmarking entre los organismos involucrados, a través de estímulos económicos o en especie y otorgados a los mejores.

Se creó un sistema de información sobre el cobro-pago del agua en organismos operadores, como en distritos de riego para analizar la información proporcionada,

validar la misma y generar una batería de indicadores que permitan evaluar el desempeño en la parte relacionada al cobro-pago del servicio.

En los organismos operadores se plantean seis indicadores de desempeño: tres asociados al esquema hidráulico y operativo de los sistemas de agua potable (eficiencia física, comercial y global); y otros tres comerciales, los cuales están asociados a la autosuficiencia financiera, eficiencia de facturación y eficiencia de cobro. Además del valor en cada uno de los seis indicadores, se calcula con base en la información de estos en los últimos tres años, su tendencia respectiva. En cuanto a los distritos de riego, se consideraron dos tipos de indicador: hidráulico (productividad hídrica y producto medio por metro cúbico), y comerciales (autosuficiencia financiera total y parcial).

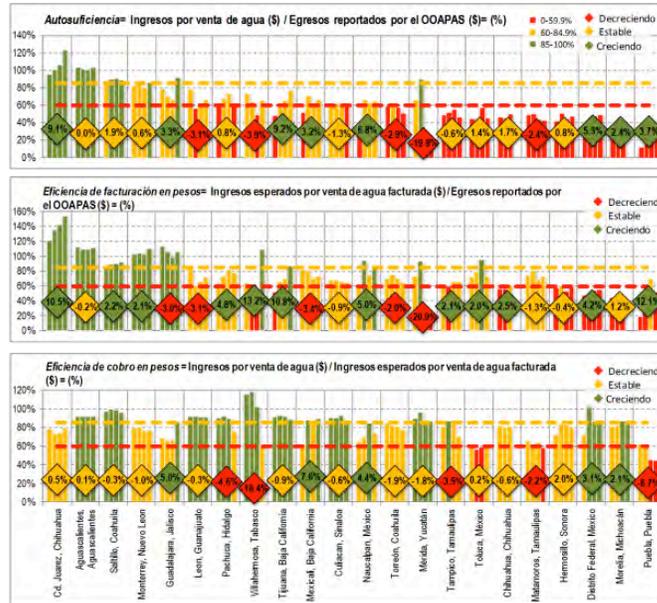
La FGRA cuenta con una herramienta que permitirá la elección de los organismos operadores y los distritos de riego que mejor comportamiento hayan presentado para con ello poder elegir a quienes premiar por su esfuerzo. La sociedad tiene la posibilidad de ver el comportamiento de los indicadores presentados por cada una de las instituciones participantes en el sitio web <http://www.fgra-cobro-pago.org.mx>.

Cobro-pago -comerciales- (%)	Volumétricos -físicos- (%)
$\text{Autosuficiencia} = \frac{\text{Ingresos servicio de agua (\$)}}{\text{Egresos del OO (\$)}}$	$\text{Ef. global} = \frac{\text{Volumen cobrado (m}^3\text{)}}{\text{Volumen producido (m}^3\text{)}}$
$\text{Ef. de facturación} = \frac{\text{Facturación (\$)}}{\text{Egresos del OO (\$)}}$	$\text{Ef. física} = \frac{\text{Volumen facturado (m}^3\text{)}}{\text{Volumen producido (m}^3\text{)}}$
$\text{Ef. de cobro} = \frac{\text{Ingresos servicio de agua (\$)}}{\text{Facturación (\$)}}$	$\text{Ef. de cobro volumétrico} = \frac{\text{Vol. cobrado (m}^3\text{)}}{\text{Vol. facturado (m}^3\text{)}}$

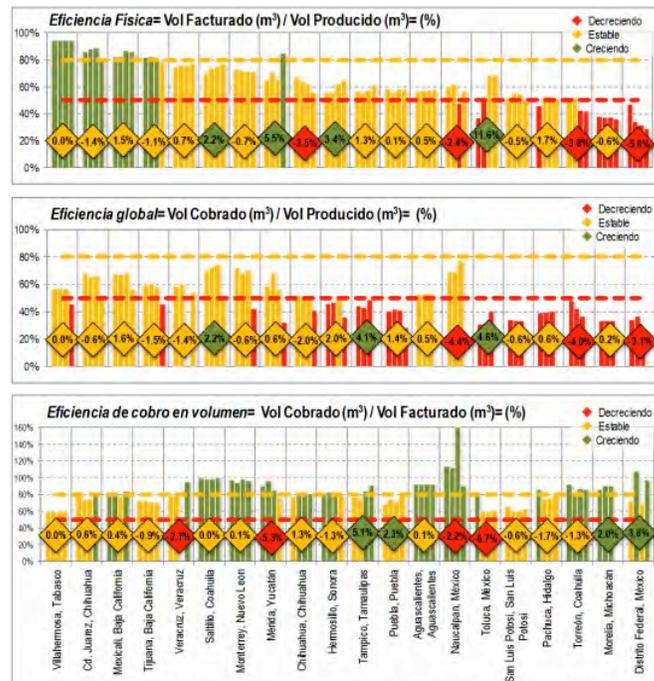
### Indicadores para organismos operadores.

INDICADORES COMERCIALES	
$\text{Autosuficiencia General (\%)} = \frac{\text{Aportaciones totales recibidas para mantener la infraestructura (Miles de \$)}}{\text{Egresos totales para mantener la infraestructura (Miles de \$)}}$	
$\text{Autosuficiencia por servicios de riego (\%)} = \frac{\text{Recaudación por cuota de servicios de riego (Miles de \$)}}{\text{Egresos por servicios de riego (Conservación, Operación, Admon. y PSAB) (Miles de \$)}}$	
$\text{Sostenibilidad} = \frac{\text{Recaudación por cuota de servicios de riego (Miles de \$)}}{\text{Egresos totales para mantener la infraestructura (Miles de \$)}}$	
<b>INDICADORES VOLUMÉTRICOS</b>	
$\text{Productividad hídrica (Kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Producción (Kg)}}{\text{Volumen distribuido (m}^3\text{)}}$	
$\text{Rendimiento hídrico (\$/m}^3\text{)} = (\text{Productividad hídrica (Kg/m}^3\text{)}) \cdot (\text{Precio Medio Rural (\$/Kg)})$	
$\text{Volumen por superficie regada (m}^3\text{/Ha)} = \frac{\text{Volumen distribuido (m}^3\text{)}}{\text{Superficie regada (Ha)}}$	

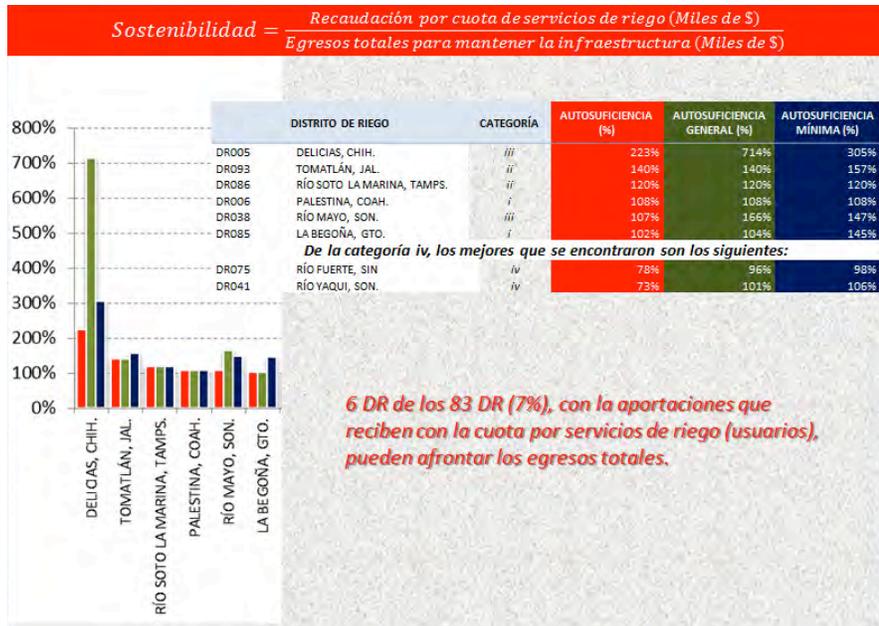
### Indicadores para distritos de riego.



**Eficiencias y tendencias cobro-pago, categoría IV.**



**Eficiencias y tendencias volumétricas, categoría IV.**



**Distritos de riego que se pueden sostener con las aportaciones que reciben de sus usuarios.**

Mapa del sitio   Enlaces   Contacto

## Sistema de información sobre el cobro pago del agua en México

Inicio   Objetivo   Organismos Operadores   Distritos de Riego   Unidades de Riego   Acceso al sistema



FUNDACIÓN  
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.



IMTA  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

<http://www.fgra-cobro-pago.org.mx>

<b>COOPERACIÓN TÉCNICA INTERNACIONAL</b>	
--	--

## Unión Europea

- ***VIVACE (Vital and viable services for natural resource management in Latin America)***

Eduardo López Ramírez  
elopez@tlaloc.imta.mx

En el marco de la cooperación internacional, el IMTA realiza el proyecto denominado VIVACE, el cual se desarrolla de manera conjunta con un consorcio integrado por el Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo-América Latina (IIED-AL), la Universidad Boku (Austria), el Instituto Nacional del Agua (Argentina) y la Fundación Lettinga (Holanda).

VIVACE se basa en la innovación técnica de los servicios vitales y viables, especialmente los de abasto de agua potable, saneamiento y manejo de residuos sólidos en áreas periurbanas, con la idea de integrar analíticamente los enfoques y herramientas para el soporte de decisiones. Se desarrolla mediante estudios de caso realizados en México y Argentina. El trabajo que compete al IMTA es un estudio en la zona periurbana de Xochimilco en la ciudad de México.

Los principales resultados obtenidos en 2012 fueron: la elaboración de un estudio de factibilidad para construir tecnologías adecuadas a las características sociales, económicas y ambientales de la zona de estudio que permitan resolver el déficit de agua potable, el saneamiento, y el reúso de los residuos sólidos orgánicos en la zona de estudio, y la elaboración de un estudio económico que pondere el costo-beneficio de la construcción de dichas tecnologías. Ambos estudio se llevaron a cabo bajo una modalidad participativa donde los actores locales de cada zona fueron participantes en la evaluación de los resultados de la investigación llevada a cabo.



**Avance de la conurbación en la zona del lago de Xochimilco, donde se desarrolla el proyecto VIVACE.**



**Realización de uno de los talleres del proyecto VIVACE.**



**Zona de Chinampas de la zona de estudio del proyecto VIVACE en Xochimilco.**

## UNESCO

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

Francisco Salinas Estrada  
fsalinas@tlaloc.ima.mx



Asistentes al Seminario Gobernanza del Agua: del Concepto a la Implementación.

En su compromiso por el desarrollo y difusión del conocimiento, la *Cátedra UNESCO-IMTA: el agua en la sociedad del conocimiento* realizó en febrero el Seminario Gobernanza del Agua: del Concepto a la Implementación, que contó con la presencia de personalidades internacionales y se organizó en coordinación con la OCDE, el CAALCA y el Foro del Agua de las Américas. En el mes de noviembre se realizó el Seminario Anual con el tema Diálogos sobre el derecho humano al acceso al agua, que tuvo lugar en el Colegio de México. De igual forma, con el objetivo proponer orientaciones de política para garantizar que la cantidad y calidad de los recursos hídricos permitan el desarrollo sustentable del país, se realizaron las Jornadas Regionales para la Construcción de Orientaciones de Política Hídrica en tres de las sedes nacionales: Monterrey, Nuevo León; Mérida, Yucatán, y la ciudad de México.

En materia de tecnologías de la información, el sitio *Atl: El Portal del agua desde México* ([www.atl.org.mx](http://www.atl.org.mx)), órgano de comunicación de la Cátedra, obtuvo 435,232 visitas en 2012, lo que supera el estimado de 250,000 visitas. De igual forma, se cuenta con dos microsítios de la Cátedra: El microsítio del "Seminario Anual" ([www.atl.org.mx/seminario](http://www.atl.org.mx/seminario)) en el que se incluyen todos los datos de los seminarios realizados, y el microsítio de "Agua DF"

(<http://www.atl.org.mx/aguadf/>), en el que se incorporan las noticias relevantes sobre el abasto de agua en el Distrito Federal y la zona metropolitana.

En cuanto a las publicaciones, se redactaron las memorias por escrito de ambos seminarios, así como el *Informe Anual de la Cátedra* y el *Informe de Renovación*, donde se describen detalladamente todas las actividades efectuadas.



## **ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA**

Conjuntamente con este organismo, y con la participación de representantes de los países miembros del Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL), el IMTA organizó en su Centro de Capacitación la primera reunión de coordinación de la ARCAL CXXVII con el fin de revisar y acordar la estrategia general de un proyecto en el tema de medio ambiente y recursos naturales, identificar el papel y responsabilidad de las instituciones participantes, y ajustar el presupuesto y los planes de trabajo con las contrapartes de 14 países participantes de la región: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana y Uruguay.

## **ECUADOR**

### **□ Programa de cooperación bilateral México-Ecuador**

En el 2012, personal del IMTA impartió en la ciudad de Quito, Ecuador, tres cursos: 1. *Transitorios hidráulicos aplicados a sistemas de agua potable*, 2. *Curso avanzado de HEC-RAS* y 3. *Curso de sectorización hidráulica* a técnicos de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q), con el apoyo financiero de la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

## **PARTICIPACIÓN EN FOROS INTERNACIONALES**

Un total de 45 ponentes representaron al IMTA en diferentes congresos, talleres, simposios y seminarios en países como Alemania, Argentina, Austria, Brasil, China, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Francia, Guyana Francesa, Panamá, Portugal y Venezuela. Entre los eventos más destacados se encuentran el XXXIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental celebrado en la ciudad de Salvador Bahía, Brasil, y el XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, celebrado

en San José de Costa Rica, uno de los más importantes foros en el mundo hispano en la materia.

## CONVENIOS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL

En el 2012, el IMTA celebró diversos convenios de colaboración internacional en temas tales como riego y drenaje, tratamiento de aguas residuales, calidad del agua e hidráulica.

### Convenios internacionales firmados en 2012

INSTRUMENTO DE COOPERACIÓN	PAÍS / CONTRAPARTE	TEMA
Acuerdo de Cooperación	Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)	Actividades de cooperación en aguas residuales, calidad del agua, agua potable y salud en cuerpos de agua
Contrato INE/CCS/ME-T1169-SN1/12	Banco Interamericano de Desarrollo	Prestación de servicios de consultoría detallados en los términos de referencia como anexo A
Acuerdo de cooperación	Universidad de Colombia	Marco de cooperación entre las partes con el fin de que puedan sumar de forma conjuntas sus recursos y experiencias respectivas en las áreas de Riego y Drenaje
Adenda al contrato de servicios #2011-1038	Comisión para la Cooperación Ambiental	Aplicación a las tareas 5-9 de la fase II correspondiente al contrato original
Carta de Intensión	Italia Universitá degli Studi di Ferrara	Investigación conjunta en modelación estocástica de la demanda empleando el esquema de Neyman-Scott y en la implementación de algoritmos basados en la teoría de grafos.

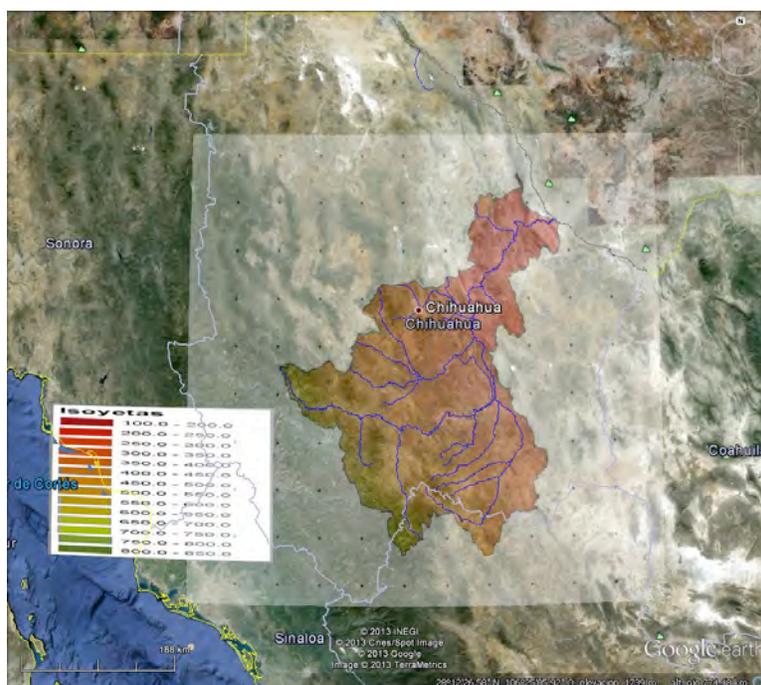
## CAPÍTULO 2

# 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 en una cuenca**

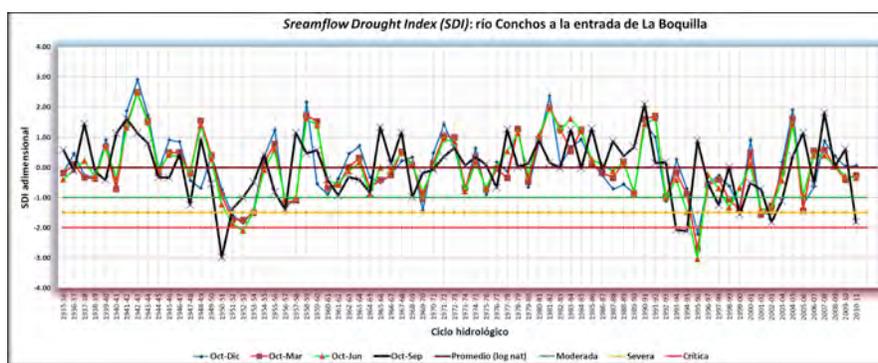
Alberto Güitrón de los Reyes  
[aguitron@tlaloc.imta.mx](mailto:aguitron@tlaloc.imta.mx)

Con el fin de minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía, el IMTA desarrolló una guía para la elaboración de un plan para afrontar sequías en una cuenca y la aplicó al caso de la cuenca del río Conchos. La guía comprende un sistema de indicadores hidrológicos que permite prever y, en su caso, formular una declaración de situaciones de sequía, e incluye reglas de explotación de los sistemas hídricos y las medidas de corto y largo plazos para mitigar el fenómeno de sequía. El programa define cómo organizar los medios humanos y técnicos de las diversas instancias de gobierno, su interrelación con los usuarios y público en general, así como las intervenciones tanto de carácter administrativo como estructurales de emergencia y las de gestión de la demanda.



Mapa de isoyetas anuales en la cuenca del río Conchos (1950-2009).

El documento del Plan para afrontar sequías en la cuenca del río Conchos contiene una recopilación de información cartográfica y de infraestructura hidráulica existente en la región, la aplicación de un modelo de circulación general para pronóstico de precipitación y temperatura hasta de nueve meses y el cálculo del Índice Estándar de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) a diversas escalas temporales. Asimismo, se recopiló y analizó la información de disponibilidad de los acuíferos de la cuenca del río Conchos y, con la ayuda de un modelo de gestión, se revisó el funcionamiento del sistema hídrico a largo plazo.



**Índice de sequía hidrológica para la presa la Boquilla,  
por trimestres de año hidrológico.**

- ***Corrección estadística Model Output Statistics (MOS), del pronóstico atmosférico del modelo Water Research and Forecasting***

**Efraín Mateos Farfán**  
[efrain\\_mateos@tlaloc.imta.mx](mailto:efrain_mateos@tlaloc.imta.mx)

El pronóstico meteorológico es uno de los servicios que brinda el IMTA a la comunidad mexicana desde 1999. Dada la complejidad en los pronósticos meteorológicos, es necesario mejorar y revisar continuamente los resultados de estos. Por esta razón, desde los primeros experimentos de modelación numérica realizados en el IMTA, se ha trabajado en distintas líneas para mejorar los resultados del pronóstico.

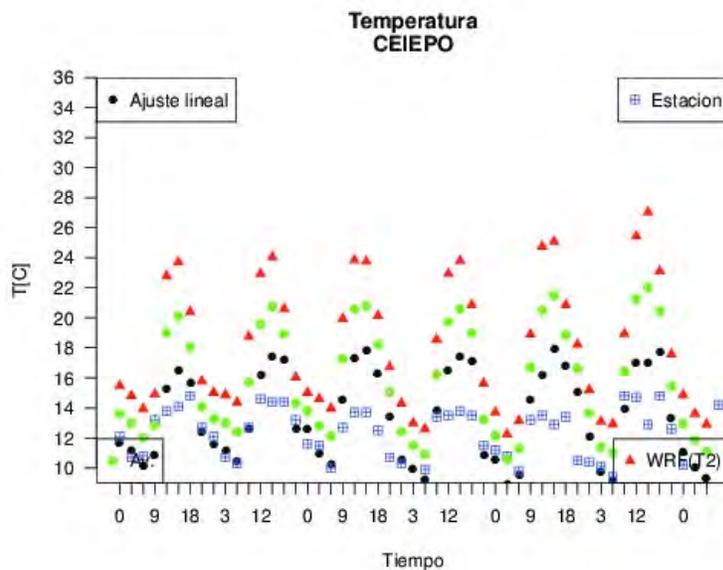
Los métodos objetivos de pronóstico meteorológico entran en una de las siguientes categorías: dinámicos, estadísticos y estocásticos. Actualmente, el IMTA utiliza métodos dinámicos en el pronóstico meteorológico a tres días usando un ensamble de seis

parametrizaciones de esquemas de nubes cúmulus: Kain-Fritsch, Betts-Miller-Janic, Grell-Devenyi, Grell 3d, Arakawa y Old Kain-Fritsch.

Los métodos estocásticos-dinámicos se han utilizado ampliamente con buenos resultados. Por ejemplo, en Estados Unidos y Canadá existen aproximadamente 1990 estaciones que usan el método de MOS (*Model Output Statistics*) para sus pronósticos a lo largo de todo el país.

Las ventajas que ofrece el MOS es que remueve los errores sistemáticos del modelo, permite cuantificar la incertidumbre y proporciona pronósticos de sitios específicos. Esta metodología no ha sido implementada en México a pesar de que se ha demostrado su efectividad en el pronóstico.

En este trabajo se implementó la técnica MOS con la finalidad de mejorar el pronóstico de la temperatura del modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF), en puntos geográficos del estado de Morelos, empleando datos del propio modelo WRF y datos observados, registrados por 22 estaciones agrometeorológicas de la Fundación Produce (COFUPRO) durante el periodo 2009-2011, con los que se construyeron las rectas de regresión lineal múltiple para la temperatura.



**Serie temporal de la temperatura observada (cuadros azules) y la predicha por el modelo WRF (triángulos rojos) y la recta de regresión en la estación CEIPO (puntos negros).**

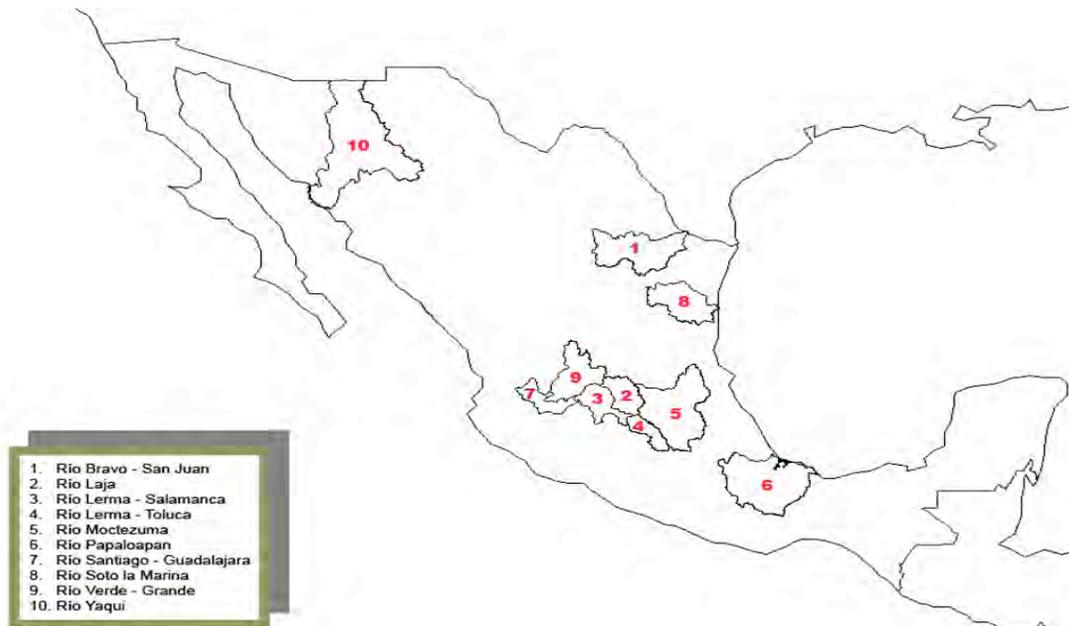
## □ **Posibles impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México**

Efraín Mateos Farfán

[efrain\\_mateos@tlaloc.imta.mx](mailto:efrain_mateos@tlaloc.imta.mx)

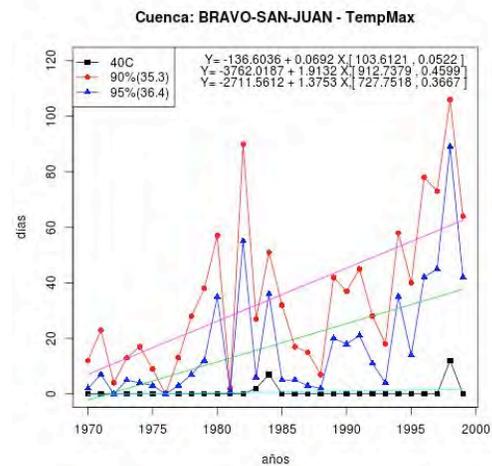
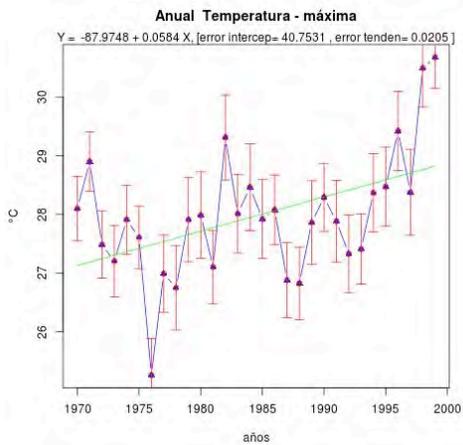
Este estudio busca brindar información objetiva sobre las tendencias observadas del clima en el territorio nacional para obtener un mejor conocimiento sobre los posibles impactos de cambio climático en el recurso hídrico, así como explorar opciones de política que brinden mayor confiabilidad a la disponibilidad de dicho recurso.

Se utilizaron los registros de las estaciones climatológicas que opera el Servicio Meteorológico Nacional, a través de la base de datos CLICOM (*Clima Computarizado*). Esta base de datos alberga más de 5,000 estaciones climatológicas a nivel nacional con datos desde 1927 a la fecha. Se seleccionaron diez cuencas y se adoptaron tres criterios: distribución, representatividad y vulnerabilidad. Después de verificar la calidad de los datos, se seleccionó un total de cien estaciones climatológicas.



### **Representación esquemática de la ubicación de las cuencas seleccionadas.**

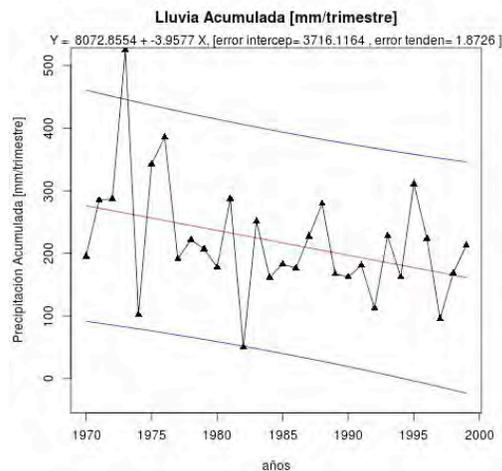
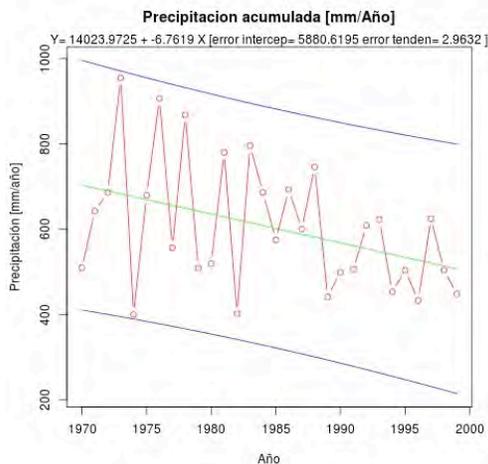
La temperatura máxima, mínima y media fueron analizadas para el periodo 1970-1999. Estos análisis consideran la variación temporal, frecuencias de días cálidos y frecuencias de días fríos (en periodos mensuales, trimestrales o anuales). Los análisis fueron complementados con el cálculo de tendencias lineales con la finalidad de estimar valores futuros. También se estimó el error asociado a los ajustes, así como los intervalos de confianza (95%) en el cálculo de los promedios.



**Promedio anual de temperatura máxima (a) y frecuencia de días cálidos (b) para la cuenca Bravo San Juan.**

En cuanto a la precipitación, como ejemplo se muestra el caso de la cuenca Bravo San Juan. En la lluvia acumulada anual es “visible” el comportamiento a la baja de la variable analizada (-6.769 mm por año), de manera que se estima que la lluvia acumulada anual disminuirá alrededor de -7 mm cada año, por lo que para el año 2020 la cantidad prevista absoluta es 365 mm.

La lluvia acumulada durante el verano tuvo un promedio de 219 mm. La recta de regresión construida indica que el comportamiento de la variable analizada es también a la baja. El parámetro de tendencia, -3.9577 mm por trimestre, indica que la variable analizada disminuiría a razón de aproximadamente -4 mm/trimestre cada verano. Esto implica que en el verano del año 2020 la lluvia acumulada en la cuenca considerada sería de 276.1 mm.



**Precipitación acumulada anual (a) y trimestral (b) para la cuenca Bravo San Juan. Las líneas en los extremos, representan el intervalo de confianza (95%) del ajuste.**

Este estudio indica las posibles complicaciones que puede padecer la población mexicana ante un cambio en el clima. De acuerdo con las tendencias encontradas en la mayoría de las estaciones aquí reportadas, se determinó que el incremento en la temperatura se daría a un ritmo de  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  cada “x” años, donde “x” se encuentra en el intervalo de 0.6 a 12 años. Por otra parte, la tendencia de la lluvia acumulada es a la baja en el 80% de las estaciones que se revisaron. De hecho, las rectas de tendencia sugieren que la lluvia acumulada al año disminuirá a razón de  $-10\text{ mm}$  cada “y” años, donde “y” es un número en el intervalo 1 a 10, afectando el escurrimiento anual del agua y, por lo tanto, la recarga de los acuíferos.

- ***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***

José Antonio Salinas Prieto  
[jsalinas@tlaloc.imta.mx](mailto:jsalinas@tlaloc.imta.mx)

México es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Como parte de la Convención y para cumplir con sus compromisos, tiene que preparar y presentar comunicaciones nacionales en las que informe sobre los avances para la atención de la problemática del cambio climático, desde la generación de conocimiento hasta el diseño e instrumentación de políticas en la materia. Habiendo entregado la Cuarta Comunicación Nacional a la CMNUCC en 2009, se requería un proyecto para Favorecer la Actividad y ayudar a México a preparar su Quinta Comunicación Nacional (Quinta CN), así como a reducir las incertidumbres y las barreras existentes para hacer frente al

cambio climático. El trabajo fue coordinado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), y el IMTA participó en la actualización de los escenarios de cambio climático para México a partir de información de los modelos de circulación global (MCG), que será considerada en el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Las instituciones pertenecientes a la Red Mexicana de Modelación del Clima que coordina el INECC, llevaron a cabo estudios específicos para evaluar los MCG y producir los nuevos escenarios de cambio climático para México. Dichas instituciones son: el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Servicio Meteorológico Nacional y el IMTA.

En la segunda etapa se aplicaron análisis estadísticos (métricas) para evaluar el desempeño de los 15 Modelos de Circulación General (MCG) del *Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados*, fase 5 (CMIP5, por sus siglas en inglés). Se analizaron las siguientes variables atmosféricas superficiales de los MGC para el periodo histórico (1961 a 2000): temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura promedio y precipitación, ello comparándolas con las observaciones denominadas CRU.

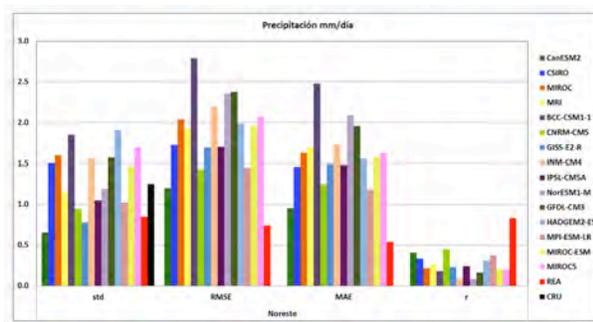
Se aplicó una metodología de ensamble ponderado utilizando el método REA (*Reliability Ensemble Averaging*), estimando con ello el grado de fiabilidad de cada uno de los 15 modelos globales utilizados en este proyecto. Con estos resultados, se realizaron comparaciones de las regionalizaciones utilizando los modelos del Cuarto Reporte de Actividades del IPCC y del Quinto (aplicado en esta tercera etapa), identificando las limitaciones de modelos en la reproducción de procesos físicos que aporten variabilidad al clima regional, reconociendo posibles errores de modelos en la reproducción de procesos físicos evaluando las formas de reducir la incertidumbre.

Se diseñó y generó un portal web de resultados. Se elaboró un catálogo de productos, los cuales estarán accesibles a través del portal web simplificado a resultados masivos, el cual se instalará en un servidor del INECC.

Se organizó el taller *Regionalización dinámica de escenarios de cambio climáticos utilizando el modelo WRF*, el cual fue ofrecido en las instalaciones del IMTA.



**Sitio web con resultados, mostrando las áreas de evaluación de los modelos.**



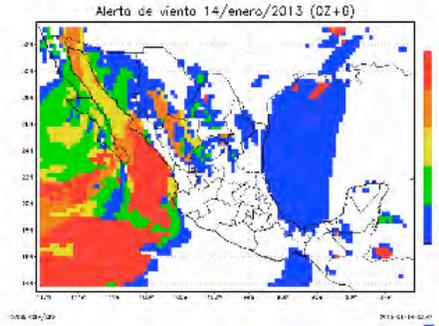
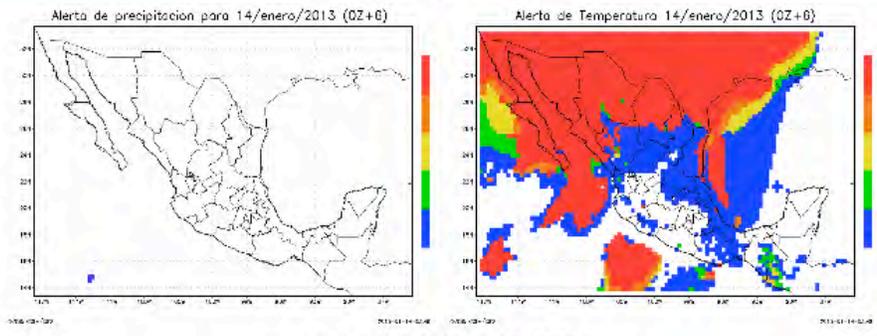
**Ejemplo de errores para la variable de precipitación para la zona noreste de México.**

Se generó un sistema para la elaboración automática de mapas de alerta temprana ante nortes y frentes fríos, utilizando la información derivada de las simulaciones del modelo de Mesoescala Norteamericana (NAM) en tiempo real, para lo cual se revisaron, adaptaron y automatizaron los programas de cómputo que descargan los datos del modelo NAM en forma diaria a un equipo de cómputo, donde se realizarán todos los cálculos para estimar la condiciones meteorológicas que detonen el semáforo de alerta por región y tiempo anticipado, ello mediante umbrales calculados previamente por variable y por región.

Se compilaron los programas que extraen los datos de las variables requeridas para detectar condiciones meteorológicas que exceden valores umbrales calculados previamente para cada zona de la malla del modelo NAM, identificando con ello frentes fríos y nortes. Una vez funcionando de forma manual, se automatizaron los procesos de extracción y comparación de variables con estos umbrales calculados previamente para el invierno de 2010-2011, logrando con ello consistencia en las fuentes de información tanto de los umbrales como de los pronósticos numéricos, los cuales también se realizan con el modelo NAM. Se generaron archivos estructurados para el desarrollo secuencial de un semáforo gráfico de alerta en función de la intensidad y pronóstico de acercamiento. Los resultados se despliegan en una página web de consulta, la cual funciona en tiempo real y quedará instalada en equipo de cómputo del CENAPRED.

Hora

00Z



[Descargar formato shape hora 00Z.rar](#)

[Inicio](#)

Hora del modelo	Hora de descarga		Hora de publicación		
	UTC	Local(centro,invierno)	UTC	Local(Centro,invierno)	UTC(Cenapred)
0 + 6	03:00	22:00	03:33	22:46	03:45
6 + 6	09:00	03:00	09:45	03:45	09:44
12 + 6	15:00	09:00	15:50	09:50	15:45
18 + 6	21:00	15:00	21:40	15:50	21:44



Página web de resultados mostrando los mapas de alertamiento por precipitación, viento y temperatura.

- ***Determinar los efectos y evaluar los costos del cambio climático en organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento (OOAPAS)***

Héctor Camacho  
ector\_camacho@tlaloc.imta.mx

El cambio climático es un fenómeno que impacta a todos los sectores de la economía de los países, sin embargo, existen sectores que pueden ser más sensibles que otros a estos impactos. Uno de ellos es el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento, donde las entidades encargadas de prestar estos servicios a la población son los organismos operadores.

El tema de cambio climático en estas organizaciones hace pensar no únicamente en la confiabilidad de las fuentes de abastecimiento en cuanto a cantidad y calidad, sino también se identifica una vulnerabilidad al fenómeno no considerada en la planeación de los OOAPAS por falta de información. Esto coloca a los OOAPAS frente al dilema de cómo desarrollar a corto y largo plazos planes que consideren efectos del cambio climático, ya que los efectos potenciales de este fenómeno pondrán a prueba la infraestructura existente, y aún más, la capacidad de organización para prever, planear y tomar decisiones que coadyuven en la adaptación.

El objetivo del proyecto fue conocer puntualmente los efectos del cambio climático en la gestión de los OOAPAS y la infraestructura, y evaluar los costos en los servicios, la estructura de gasto y financiamiento de dicha infraestructura a partir de las necesidades de la nueva o modificaciones a la existente.

Este trabajo presentó una propuesta metodológica para el cálculo de los costos de adaptación al cambio climático en un OOAPA. De manera general, la metodología consta de dos partes: el análisis de vulnerabilidad y el cálculo de costos. La primera evalúa la sensibilidad de los organismos operadores ante los impactos potenciales del cambio climático y su capacidad de adaptación basada en la eficiencia física y comercial; la segunda, utiliza la información obtenida en el análisis para determinar las posibles y diferentes opciones para adaptarse a los impactos que se consideran significativos y el costo que implica aumentar la capacidad de respuesta de un organismo operador. Finalmente, para probar la metodología, se realizó una aplicación con datos de la ciudad de Mexicali.



**Esquema de la metodología de cálculo de costos de adaptación al cambio climático en OOAPAS.**

**Definición de rangos y ponderación de los indicadores para definición de la vulnerabilidad.**

FACTORES DE VULNERABILIDAD	INDICADOR	RANGO		PONDERACIÓN (Grado de vulnerabilidad)
		Real	Normalizado	
<b>Grado de exposición</b>	°C	0 - 1.0	1.00 - 3.25	1
		1.0- 2.0	3.25 - 5.50	2
		2.0 - 4.0	5.50 - 10.00	3
	% variación	-11.0 - -15.0	1.00 - 4.27	1
		-15.0 - -19.0	4.27 -7.55	2
		-19.0 - -22.0	7.55 - 10.00	3
<b>Sensibilidad</b>	Consumo (l/h/d)	100 - 150	1.00 - 2.29	1
		150 - 300	2.29 - 6.14	2
		300 - 450	6.14 -10.00	3
	Grado de confiabilidad: Gastos de mtto./Ingreso total	0 - 0.15	10.00 - 7.00	3
		0.15 - 0.30	7.00 - 4.00	2
		0.30 - 0.45	4.00 - 1.00	1
	Demanda/Oferta	0.20 - 0.40	1.00 - 3.25	1
		0.40 - 0.70	3.25 - 6.63	2
		0.70 - 1.0	6.63 - 10.00	3
	Grado de presión (%): Vol. Concesionado/Agua renovable	0 - 20	1.00 - 2.50	1
		20 - 40	2.50 - 4.00	2
		40 - 120	4.00 - 10.00	3
Tarifa/Costos de producción	0 - 1.0	10.00 - 9.74	3	
	1.0 - 6.0	9.74 - 8.46	2	

		6.0 - 35.0	8.46 - 1.00	1
<b>Capacidad de adaptación</b>	Eficiencia física (%)	0.40- 0.50	10.00 - 8.50	3
		0.50 - 0.70	8.50 - 5.50	2
		0.70 - 1.00	5.50 - 1.00	1
	Eficiencia comercial (%)	0.40- 0.50	10.00 - 8.50	3
		0.50 - 0.70	8.50 - 5.50	2
		0.70 - 1.00	5.50 - 1.00	1

### □ **Estado del arte de la ingeniería climática**

**Olivia Rodríguez López**  
[olivia\\_rodriguez@tlaloc.imta.mx](mailto:olivia_rodriguez@tlaloc.imta.mx)

Históricamente, los seres humanos han realizado esfuerzos para modificar el tiempo y el clima para aumentar los recursos hídricos y atenuar las condiciones meteorológicas extremas. La tecnología moderna de modificación artificial del tiempo se remonta al descubrimiento, a fines del decenio de 1940, de que las gotas de nubes sobre enfriadas 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 el 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.

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, donde la falta de suficientes recursos hídricos limita su capacidad para satisfacer la demanda de alimentos y energía. En general, en el mundo se ha hecho una gran cantidad de intentos por tratar de modificar las condiciones atmosféricas mostrando sus resultados para uso del público en general. En México, se han aplicado algunas de estas opciones sin mostrar resultados convincentes para los expertos en el tema. Se desarrolló un sitio web en el que se pueden consultar los diferentes métodos existentes para este fin.

Un factor de importancia es que pueden existir consecuencias potenciales adversas al uso de las tecnologías de modificación atmosférica, por lo que es preciso tener un mayor conocimiento de los fenómenos que ocurren en la atmósfera, desde la escala microscópica hasta la escala global, y de cómo pueden verse afectados por la intervención humana.



Vista de la página web del proyecto y mapa de navegación del sitio.

## ***Estado del arte de la remediación de acuíferos sobreexplotados***

Carlos Gutiérrez Ojeda  
[cgutierrez@tlaloc.imta.mx](mailto:cgutierrez@tlaloc.imta.mx)

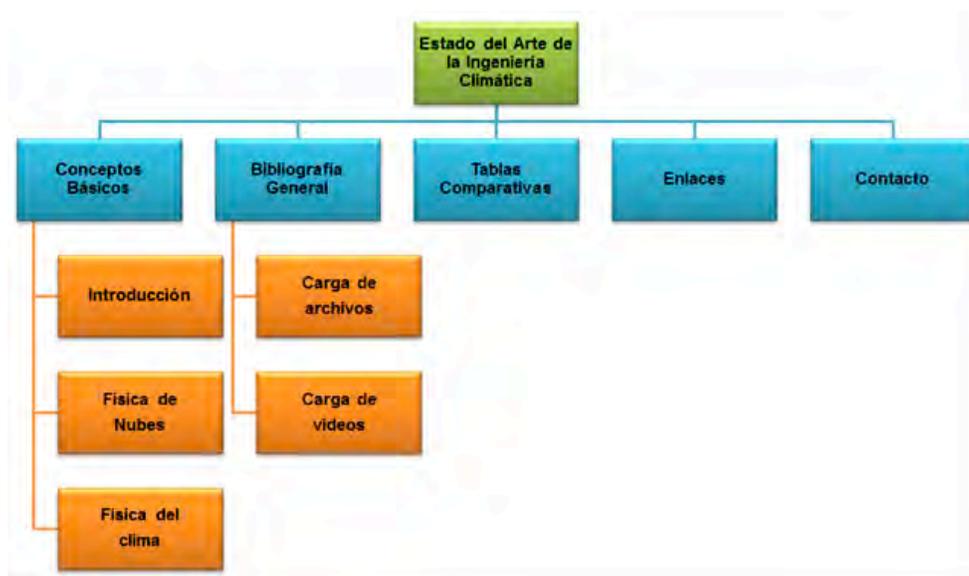
Se definió el estado actual de los acuíferos sobreexplotados del país y se analizaron las principales metodologías de remediación a nivel mundial. La sobreexplotación se define como la situación en la que durante varios años la extracción media de agua subterránea de un acuífero supera o se aproxima a la recarga media. Dentro de sus impactos se encuentran: el abandono de pozos, la afectación o secado de zonas húmedas, el aumento de los costos de extracción, la compactación inducida del terreno, el descenso de los niveles piezométricos, el deterioro de la calidad del agua y la salinización de los suelos. Con respecto a las acciones para revertir la sobreexplotación, destacan el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos, la rehabilitación y modernización de los distritos de riego y la recarga de acuíferos.

Con respecto al tema de remediación, se realizó una clasificación de los contaminantes, de sus propiedades y de las principales técnicas utilizadas. El desarrollo de las técnicas de remediación se inició en los países desarrollados después de las conflagraciones mundiales. El Departamento de Energía de

Estados Unidos encomendó a laboratorios públicos y privados la realización de investigaciones diseñadas para la limpieza de suelos y acuíferos contaminados durante la Segunda Guerra Mundial, con la finalidad de proteger la salud humana y reducir los niveles de contaminación en suelos y acuíferos. En la actualidad se cuenta con una amplia variedad de técnicas de remediación, aunque la mayoría se encuentran en continua investigación o están patentadas por instituciones de países desarrollados, por lo que en ocasiones la información disponible es limitada.

Para tratar los problemas de contaminación del agua subterránea, se utilizan generalmente las mismas técnicas desarrolladas para los cuerpos de agua superficiales. Casi todos los compuestos que se alojan actualmente en el agua subterránea se hallan también en las aguas residuales. Sin embargo, los sistemas de tratamiento convencionales deben ser modificados antes de su aplicación en la limpieza del agua subterránea, ya que aunque las técnicas son las mismas, la ingeniería y el diseño de los métodos son distintos. La principal diferencia es que en el caso del agua subterránea hay que limpiar la fuente de contaminación, el agua y el medio que la contiene.

La *Federal Remediation Technologies Roundtable* propone utilizar la siguiente matriz para la selección de las tecnologías de remediación in situ o ex situ del agua subterránea. Las variables utilizadas en la selección incluyen los contaminantes, estado de desarrollo, costo total y tiempo de limpieza.



Finalmente, se desarrolló un libro electrónico sobre el estado del arte de la remediación de acuíferos contaminados, el cual pretende ser una breve guía

introdutoria para que el lector interesado en el tema conozca los principios básicos de la contaminación y de las técnicas de remediación existentes del agua subterránea.

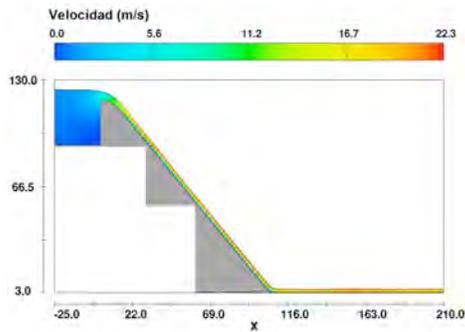
□ ***Simulación física y matemática del flujo en vertedores escalonados***

**Jorge Laurel Castillo**

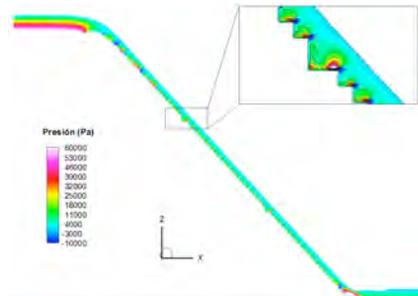
Tradicionalmente, el diseño de vertedores escalonados se ha llevado a cabo mediante el uso de modelos físicos de laboratorio a escala reducida. Algunos de los problemas que los modeladores enfrentan son los efectos de escala (sobre todo para grandes presas), así como la falta de una adecuada instrumentación para medir velocidades y presiones en el dominio de cálculo. Ante esta problemática y con el firme propósito de contar con herramientas confiables para estudiar y determinar el comportamiento hidráulico (nivel de la superficie libre, presión y velocidad) de este tipo de vertedores, se optó por recurrir a técnicas de simulación numérica tanto en dimensiones de prototipo como de modelo de laboratorio.

De esta manera, fue factible establecer las capacidades de un modelo numérico de Dinámica de Fluidos Computacional (DFC) para el estudio del flujo en vertedores escalonados. Los resultados obtenidos se verificaron y contrastaron con datos de un modelo físico construido en el laboratorio de hidráulica Enzo Levi y datos reportados en fuentes especializadas. Bajo este escenario, fue factible 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.

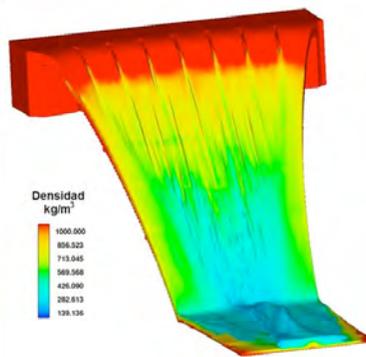
Por otra parte, se realizó la simulación de dos vertedores a escala prototipo. El primero con cuarenta escalones (el doble de escalones que generalmente se han simulado en la literatura) y otro con 93 escalones (vertedor de la presa Zapotillo); el modelo físico de la última se construyó en el laboratorio Enzo Levi. Cabe resaltar que en esta serie de simulaciones también se incluyó el fenómeno de auto-aireación. Los resultados, tanto de velocidades, localización del punto de inyección de aire, así como de su distribución sobre la rápida, tienen gran semejanza y correlación con los resultados obtenidos en laboratorio, mientras que la distribución de presiones sobre los escalones se asemeja a los patrones reportados en la literatura especializada. De esta manera, se concluye que los modelos matemáticos utilizados son confiables para la simulación y revisión de vertedores escalonados.



**Apariencia de la página WEB de resultados mostrando las áreas de evaluación de los modelos.**



**Vista lateral del perfil y velocidades sobre el vertedor del Zapotillo.**



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

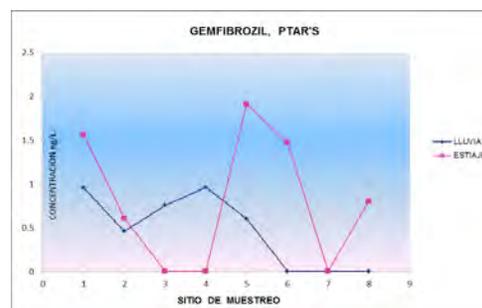
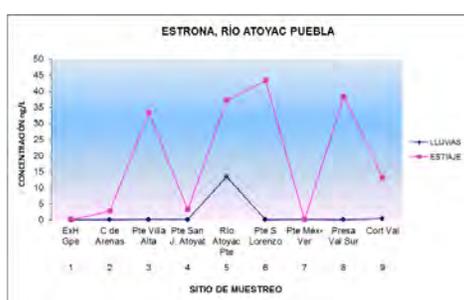
- Desarrollo de metodologías de laboratorio para detección de contaminantes emergentes y su identificación en cuerpos de agua (agua y sedimento) y en aguas residuales (en influente, efluente y lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales)***

**Manuel Sánchez Zarza**  
 manuels@tlaloc.imta.mx

El creciente uso de compuestos organoclorados, antibióticos, hormonas, vasodilatadores y otros compuestos hace necesario contar con metodologías analíticas que los identifiquen y cuantifiquen para definir el tratamiento o uso a seguir en el agua que los contenga, tanto potable como residual. Por otro lado, la problemática derivada de florecimientos algales que potencialmente pueden liberar toxinas, como las microcistinas y la anatoxina, crea también la necesidad de contar con metodologías analíticas, ya que estas generan problemas en las plantas potabilizadoras. Estas toxinas son hepatotóxicas o neurotóxicas y, por lo tanto, la aparición de especies potencialmente productoras en nuestros ambientes

acuáticos precisa su medición, control y seguimiento. En otros países ya tienen planes de vigilancia y control de cianobacterias y sus toxinas, para asegurar la calidad del suministro de agua potable y evitar procesos toxicológicos.

Por lo anterior, se desarrollaron e implementaron las técnicas para cuantificar la presencia de surfactantes (xantatos) por espectrofotometría de UV-Vis; nonilfenoles por cromatografía de gases-masas, y cianotoxinas (microcistina LR) por cromatografía de líquidos de alta resolución. Las metodologías desarrolladas e implementadas han permitido la detección y cuantificación de estos compuestos y de compuestos emergentes, tales como amoxicilina, gemfibrozil, ácido clofíbrico,  $\beta$ -estradiol,  $\alpha$ -etinil estradiol y estrona en cuerpos de agua superficial, como en el río Atoyac, en aguas residuales crudas y los efluentes de plantas de tratamiento.



Las gráficas presentan los resultados obtenidos en las muestras colectadas en época de estiaje y lluvia en el río Atoyac y cuatro plantas de tratamiento de agua residual. Se observa que en estiaje las concentraciones de los compuestos se incrementaron en la mayoría de los casos.

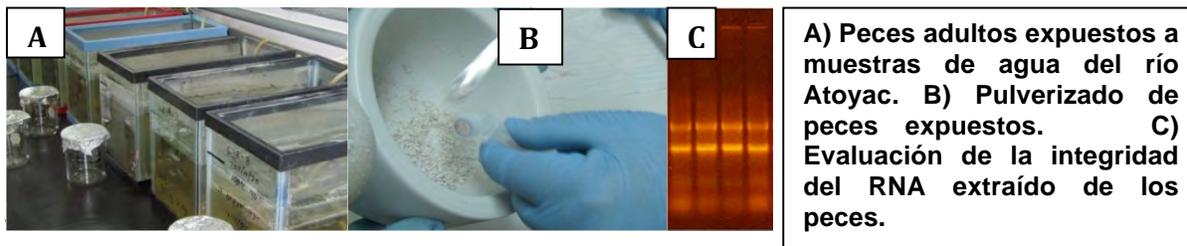
- **Aplicación de pruebas de PCR en tiempo real en cuerpos de agua que presentan alta contaminación (río Lerma y río Atoyac)**

Ana María Sandoval Villasana  
amsandov@tlaloc.imta.mx

El trabajo de investigación se enfocó en evaluar la respuesta genómica del pez *Danio rerio* a compuestos emergentes, lo cual puede tener importantes efectos en la salud humana y en los ecosistemas. Utilizando herramientas bioinformáticas y de biología molecular, se definió la etapa del ciclo de vida del pez que resulta más adecuada para este tipo de análisis, obteniendo como conclusión que los embriones del pez no son adecuados, posiblemente debido al escaso desarrollo y diferenciación tisular de dicha etapa.

Se implementó la técnica de RT-PCR-RT (reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa) para medir la expresión genética en peces adultos

expuestos a muestras de agua contaminada, la cual involucra la extracción de RNA, retroconversión a cDNA y PCR en tiempo real.



Se analizó la expresión de 12 genes del pez cebrá expuestos a muestras de agua del río Atoyac, río Lerma (parte media en la zona de Salamanca, Guanajuato) y a muestras obtenidas de plantas de tratamiento de aguas residuales, que se encuentran en la zona metropolitana de la ciudad de Puebla. Los hallazgos señalan que se tienen, al menos, tres genes (*cyp1a*, *hmx* y *vtg1*) que pueden servir como biomarcadores moleculares potenciales para determinar la exposición de un organismo a agentes tóxicos.

La herramienta desarrollada se ingresó al Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial para ser registrada como patente y está en proceso de evaluación. Adicionalmente, se publicaron dos capítulos en el libro *Recursos naturales y contaminación ambiental*, titulados “Efectos tóxicos de la atrazina en la expresión genética en embriones del pez cebrá” y “Análisis de expresión genética en embriones del pez cebrá para identificar los efectos causados por 17 $\beta$ -estradiol”; asimismo, se presentaron dos ponencias en el XI Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional de Ciencias Ambientales.

Con esta investigación se busca demostrar el riesgo potencial de los productos químicos para afectar la expresión genética y evaluar si los compuestos xenobióticos presentes en efluentes contaminados presentan actividad hormonal, y la utilidad de técnicas, como el PCR en tiempo real, en el análisis toxicogenómico. Esto tendrá implicaciones importantes para la evaluación de riesgos y contribuirá a comprender los efectos de la mezcla de hormonas en niveles biológicos más complejos. Eventualmente, se espera que las herramientas desarrolladas puedan aplicarse en otros contextos de importancia ambiental, tales como la detección de metales pesados y pesticidas.

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

Maricela Martínez Jiménez  
mmartine@tlaloc.imta.mx

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 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.

Se evaluó la velocidad de propagación y crecimiento de 4 genotipos de *A. donax* en diferentes localidades (Austin y Mac Allen (Texas, USA) y Morelos (México) para determinar la mejor época de control así como el agente de biocontrol a utilizar en cada etapa fenológica de la planta. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que las acciones de control de los 4 genotipos deben de iniciar a mas tardar en marzo, ya que si se posponen cuando la planta genera mayor biomasa, los recursos que se utilizaran serán mayores y probablemente con poco éxito debido a la velocidad de propagación de esta planta, lo que se

ilustra en la producción de hasta 1,3000 nuevos brotes a partir de solo 4 rizomas originales.

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 la USDA. El proyecto contribuye a fortalecer el intercambio entre investigadores de ambos países para conjuntar esfuerzos en el control de malezas. Hoy en día, el IMTA participa activamente en las estrategias nacionales para el control de especies invasoras, siendo el líder en proponer acciones para el control de malezas acuáticas.



**Cría masiva de insectos para el control de *Arundo donax*.**



**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***

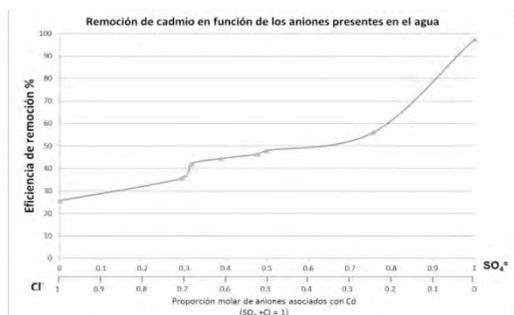
César Calderón Mólgora  
calderón@tlaloc.imta.mx

En un estudio efectuado por el IMTA se demostró que es posible producir agua potable a partir de una fuente que contiene altas concentraciones de sulfatos, arsénico, plomo y cadmio. El costo de producción de agua fue de \$3.13/m<sup>3</sup>. Para abatir dicho costo, se propuso utilizar membranas de nanofiltración destinadas a la remoción de dureza (rechazo nominal de 70% de NaCl). Con pruebas de laboratorio se verificó la capacidad de dichas membranas para remover cadmio y arsénico.

Posteriormente, se trató a nivel semi-piloto agua proveniente de la mina Fresnillo en Zacatecas, mostrando que la membrana utilizada es capaz de remover metales pesados como plomo, sulfatos y bicarbonatos con un consumo energético de 0.17

Kwh/m<sup>3</sup>. El agua producida satisface los requisitos de la modificación del año 2000 de la NOM-127-SSA1-1994.

Debido a que el rechazo de sílice no fue significativo, el potencial de incrustación está dado solo por el sulfato de calcio, cuyo agente anti-incrustante requerido es más económico que el de sílice. El costo de producción de agua utilizando esta membrana, con rechazo nominal de 70%, es de \$1.98/m<sup>3</sup>, logrando una reducción del costo de producción de agua de \$1.15 con respecto a la utilización de membranas con rechazo nominal de 89% (de NaCl).



Remoción de cadmio en presencia de distintos aniones.



Eficiencias de remoción de la membrana al tratar agua de la mina.

- **Análisis técnico y económico de tecnologías para remoción de fluoruros (2ª parte), y evaluación de riesgos a la salud por exposición a fluoruros presentes en agua.**

María de Lourdes Rivera Huerta  
lrivera@tlaloc.imta.mx

En estudio previo mediante pruebas de adsorción en lotes se determinó que el carbón de hueso (CH) y la alúmina activada (AA) son los mejores adsorbentes de fluoruros (F<sup>-</sup>) de un grupo de cuatro materiales.

En el presente estudio, empleando agua de pozo con un contenido de 2.6 mg/L de F<sup>-</sup> y pruebas a flujo continuo (laboratorio y semi-piloto), se observó que bajo condiciones óptimas de pH y tiempo de contacto, un metro cúbico de CH puede tratar 1,200 m<sup>3</sup> de agua y la AA 1570 m<sup>3</sup>, antes de sobrepasar el límite de 1.5 mg/L permitido para F<sup>-</sup> por la modificación del año 2000 de la NOM 127 SSA1-1994. Ambos adsorbentes se regeneran con hidróxido de sodio.

Considerando reactivos y material adsorbente, al potabilizar agua con 10 mg/L de F<sup>-</sup>, los costos de operación con CH son de \$9.1/m<sup>3</sup> y de \$6.8/m<sup>3</sup> con AA. Mientras que los costos para agua con 2.6 mg/L de F<sup>-</sup>, empleando CH son de \$2.9/m<sup>3</sup>; en tanto que para un sistema de nanofiltración el costo es de \$2.76 /m<sup>3</sup>.

Por otra parte, se realizó un estudio de evaluación de riesgos a la salud por exposición a F<sup>-</sup> en agua en pobladores de 11 municipios del Valle del Mezquital,

Hidalgo. Los resultados muestran que las principales contribuciones de  $F^-$  al organismo son el consumo de agua de la red de distribución (con una concentración entre 0.51 y 3.77 mg/L) y la sal fluorada. El índice de peligro promedio obtenido a partir de las dosis ingeridas de  $F^-$  con respecto a la dosis de referencia (0.04 mg/kg/d) es superior a uno; esto es, hay riesgo de fluorosis para los habitantes de la zona, por lo que se considera que el agua de consumo humano en la misma debe ser tratada para alcanzar máximo 1.2 mg/L de  $F^-$ .



Pruebas de adsorción de fluoruros.



Pruebas de regeneración del adsorbente.

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

Marco Antonio Garzón Zúñiga  
mgarzon@tlaloc.imta.mx

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 reducir carga orgánica alta, acoplado con un sistema de pulimento para la reducción de nutrientes.

Se realizaron los trabajos de investigación a escala 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 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. Los siguientes pasos son 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 y promover la patente del proceso, para lo cual se redactó el documento correspondiente para su trámite.



**Planta instalada en la granja porcícola de Jojutla, Morelos.**



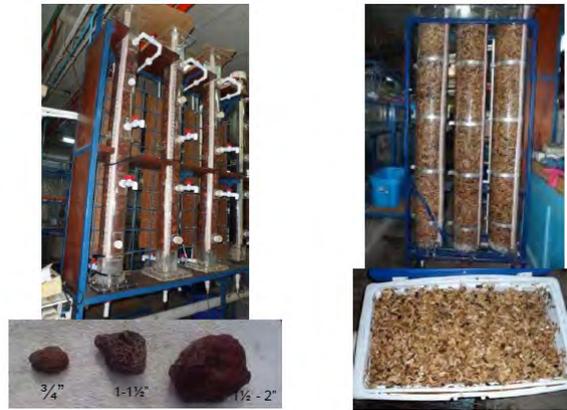
**Planta móvil.**

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

**Marco Antonio Garzón Zúñiga**  
**mgarzon@tlaloc.imta.mx**

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.

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).



Prototipos experimentales y materiales de empaque del biofiltro.

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

Lina María Cardoso Vigueros  
[lcardoso@tlaloc.imta.mx](mailto:lcardoso@tlaloc.imta.mx)

Para proporcionar una solución al problema generado por poblaciones urbanas y rurales que utilizan como drenajes y tiraderos de basura las barrancas y apantles, se desarrolló un vermifiltro familiar para el tratamiento in situ de las descargas domésticas, cuya eficiencia se evaluó bajo diferentes condiciones de operación. Se obtuvieron los siguientes porcentajes promedio de remoción: 80% de la demanda química de oxígeno (DQO), 93% de la demanda bioquímica de oxígeno de (DBO), 96% de los sólidos suspendidos totales (SST) y en la remoción de N-total, 70%. Estos resultados cumplen con los límites máximos permisibles requeridos por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para descarga a cuerpo receptor Tipo C. En cuanto a nitrógeno amoniacal ( $N-NH_3$ ), hubo remociones del 88% que indican que se llevó a cabo un proceso intenso de nitrificación, la remoción de nitratos fue de 37%. En cuanto a los nitritos representó 8% de remoción. El incremento de la concentración de oxígeno disuelto en el efluente es una de las contribuciones de la vermifiltración, las lombrices favorecieron las condiciones aerobias, sin necesidad del uso de energía eléctrica para inyectar aire al sistema.

El vermifiltro fue eficiente para remover grasas (G) y aceites (A), 77%, y una remoción de 95% de detergentes. En G y A se cumplió con el límite máximo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996. La concentración de coliformes fecales en la descarga fue superior a lo permitido por la NOM-001-SEMARNAT-2012 ( $1000 \text{ NMP}/100 \text{ m L}^{-1}$ ), por lo que se requiere aplicar un método de desinfección, de preferencia ecológico, para disminuir dos logaritmos adicionales para disponer en un cuerpo receptor o su reúso para el riego de las áreas verdes.



Vermifiltro familiar (Vfam).

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

Luciano Sandoval Yoval  
[lucsand@tlaloc.imta.mx](mailto:lucsand@tlaloc.imta.mx)

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 compite 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 para mejorar la calidad del recurso hídrico y fomentar su reúso, se adaptó un sistema de tratamiento con recirculación, lo cual permite reducir el consumo de agua de primer uso en 92.9%, con la garantía de que la calidad del agua es la adecuada para no alterar la producción de peces.

Se trata de un sistema de filtración de flujo ascendente de tezontle que opera con una tasa de  $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ , cuyos resultados observados fueron: la temperatura del agua en los estanques varía de acuerdo a las épocas estacionales, en invierno se tienen  $19^\circ\text{C}$  como mínimo y en primavera se incrementa hasta  $25^\circ\text{C}$  como máximo; el oxígeno disuelto en los tanques se mantiene entre 2 y 5 mg/L y el pH entre 6.5 y 7.7 unidades; en general las concentraciones de nitrógeno amoniacal tanto en la entrada como en la salida están por debajo de 1 mg/L. Es importante notar que en el sistema se da la nitrificación ya que los nitratos están presentes en una concentración muy parecida a la del nitrógeno total. Las concentraciones de alcalinidad están en un rango de 50 a 100 mg/L y de dureza total entre 130 y 210 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , todo indicativo de agua con buena calidad.

Las condiciones de operación y mantenimiento, establecidos en el sistema para su estudio, favorecen la cría de peces guppy, espadas, miquis y guramis, también crecen carpa coy, japoneses y algunos cíclidos.



Filtros de flujo ascendente: F2: tezontle.



Reproducción de peces.

□ ***Reactor con biomasa inmovilizada (BIOSTAR): alternativa para remoción biológica de nitrógeno***

Petia Mijaylova Nacheva  
[petiam@tlaloc.imta.mx](mailto:petiam@tlaloc.imta.mx)

El IMTA desarrolló un reactor biológico denominado BIOSTAR, el cual ya se comercializa para pequeñas poblaciones, fraccionamientos habitacionales, zonas residenciales, casas-habitación, hoteles, centros comerciales, edificios públicos, centros comerciales o recreativos. Permite obtener agua con calidad adecuada para su reutilización en servicios al público, previa desinfección con luz UV para cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-002-SEMARNAT/1997 y la NOM-001-SEMARNAT/1996 para su descarga.

Siendo el principal objetivo de tratamiento del BIOSTAR la remoción de la materia orgánica del agua residual, tiene ciertas limitaciones para remover nitrógeno, que lo hace inviable para casos que requieren cumplir con requisitos estrictos respecto al contenido del nitrógeno para evitar la eutroficación, como la descarga a lagos y para algunos reúsos del agua tratada. El objetivo de este proyecto fue desarrollar una alternativa del BIOSTAR para mejorar la remoción biológica de nitrógeno.

Para obtener concentraciones menores de 15 mg/L en el efluente, se requiere controlar la carga de nitrógeno e implementar la recirculación del proceso. Se propuso modificar la tecnología aerobia del BIOSTAR, adicionando zonas anóxicas con la finalidad de favorecer el desarrollo de biopelículas especializadas para remover nitrógeno total mediante nitrificación seguida por desnitrificación. Se utilizaron tres reactores: uno con un sólo lecho y recirculación del efluente (BIOSTAR) y dos con zonas aerobia y anóxica. En uno de los reactores modificados la zona anóxica está debajo de la aerobia y en el otro reactor está ubicada en la zona periférica externa a la zona aerobia. Se obtuvieron remociones de DQO de 85-95%, de N-NH<sub>4</sub> y NT 90-98% y 53-60%, respectivamente.



**Prototipos operando a escala real: BIOSTAR y sus dos alternativas para mejorar la remoción biológica de nitrógeno en el tratamiento de las aguas residuales municipales.**



**Detalles de la alternativa: a) Conexión del tubo del influente al distribuidor del agua en la parte superior del reactor; b) Conexión del tubo de la recirculación del efluente.**

- Información de campo y administrativa para módulos de riego (ICAM-Riego) en Internet**

**José Javier Ramírez Luna**  
jramirez@tlaloc.imta.mx

Una agricultura rentable debe disponer de información hidroagrícola y de mercado en tiempo real. Para afrontar estas necesidades, se requiere un sistema que pueda generar reportes hidroagrícolas cuya consulta rápida se pueda realizar vía Internet.

El sistema ICAM-Riego dispone de una serie de aplicaciones para la operación, conservación y administración de módulos de riego. La nueva versión desarrollada permite, mediante un portal web, la consulta y transferencia de archivos, así como la generación de reportes vía Internet de la distribución del agua, el padrón de usuarios, la infraestructura y la estadística hidroagrícola.



**Sistema ICAM-Riego en Internet.**

Esta nueva versión del sistema permite al personal de los módulos de riego contar con herramientas para la toma de decisiones oportunas en cuanto a condiciones de operación, conservación y administración, así como de oferta y demanda de los productos agrícolas.

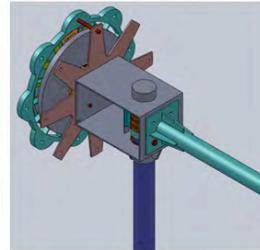
## □ **Uso de energía renovable en la agricultura de riego**

José Javier Ramírez Luna  
jramirez@tlaloc.imta.mx

El cambio climático está modificando las variables climáticas que impactan la producción de cultivos. Una de las acciones de adaptación es el uso de energía renovable para suministrar la potencia requerida a los sistemas de riego. Para el aprovechamiento de esta energía, se probaron paneles solares ensamblados y se diseñó un aerogenerador.



Ensamble de paneles fotovoltaicas



Diseño de aerogenerador

### **Tecnología desarrollada para uso de energía renovable.**

Para generar la energía requerida por un sistema de riego por goteo y comparar su resistencia al intemperismo, se instalaron tres paneles ensamblados en el IMTA y ocho comerciales en la unidad de riego Jalpan, municipio del mismo nombre en Querétaro. Asimismo, se construyó y probó un prototipo de nanofiltración para la desalación de agua con una capacidad de un cuarto de litro por segundo.

Para evitar el uso de acumuladores de energía eléctrica, se construyó un tanque en lo alto del terreno para almacenar el agua bombeada y suministrarla al sistema de riego en el momento requerido.



Equipo de nanofiltración.



Tanque de almacenamiento.

□ ***Tecnologías para la conservación de agua y suelo en palma africana de aceite (Elaeis guineensis) en producción***

Héctor Gregorio Cortés Torres  
hcortes@tlaloc.imta.mx

En la Costa de Chiapas están sembradas más de 20,000 ha con palma africana de aceite. En esa región no se llevan a cabo prácticas conservacionistas de agua y suelo que coadyuven a un aprovechamiento racional y eficiente de los recursos naturales. A solicitud del Programa Trópico Húmedo de la SAGARPA, el IMTA implementó en un predio de 10 ha con plantación en producción, administrado por la Organización Palmicultores Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Ilimitada. El objetivo del proyecto fue demostrar que la aplicación de tecnologías conservacionistas de agua, suelo y vegetación impactan positivamente en los aspectos productivos, ambientales, económicos y sociales.

Para propiciar la conservación de la humedad del suelo, evitar la utilización de herbicidas para el control de maleza, así como propiciar la fijación de 230 kg/ha de nitrógeno atmosférico, producto de la simbiosis leguminosa-bacteria rizobium, equivalentes a 500 kg/ha del fertilizante sulfato de amonio, se sembró la leguminosa *Canavalia ensiformis* como cultivo de cobertera, utilizando 40 kg/ha de semilla en la parte central de los callejones del cultivo.

Además, se capacitó en servicio, es decir, aprender-haciendo, en esta tecnología conservacionista, a más de trescientos productores afiliados a la organización, los cuales iniciaron la demanda de asesoría y semillas de la leguminosa para introducir esta tecnología en sus plantaciones.

Con la introducción de esta tecnología conservacionista de cultivos de cobertera, así como el desarrollo e implementación de mejores prácticas específicamente dirigidas

a conservar e incrementar la biodiversidad en las plantaciones de palma de aceite, se iniciará un cambio hacia el aprovechamiento sostenible de esta palma, cuyo cultivo continúa expandiéndose fuertemente ante el gran déficit de aceite en nuestro país.



**Tecnología de cobertera con *Canavalia ensiformis* en callejones de palma de aceite.**



**Capacitación en servicio de palmicultores, en la tecnología de cultivo de cobertera.**

□ ***Vulnerabilidad socioambiental frente a eventos meteorológicos extremos***

**Roberto Romero Pérez**  
romero@tlaloc.imta.mx

El objetivo de este proyecto consistió en actualizar y robustecer el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) desarrollado por el IMTA durante 2010, superando el carácter socioeconómico que tenía a partir de la inclusión de variables ambientales. Por otra parte, se buscó desarrollar un estudio de caso sobre la vulnerabilidad socioambiental analizando la cuenca del Valle de Jovel, ubicada en los Altos de Chiapas, la cual se enfrenta a serios problemas de deforestación, inundaciones y de contaminación del agua.

Como resultado de los trabajos realizados, se generó una base de datos con los datos actualizados de los indicadores socioeconómicos y demográficos contenidos en el anterior IVS y se incluyeron variables ambientales. Con esta información se generó el nuevo Índice de Vulnerabilidad Socioambiental, cuya unidad de análisis es la cuenca hidrológica, a diferencia del anterior que era el municipio.



**Contaminación del río Fogótico en la ciudad de San Cristóbal.**



**Crecimiento urbano de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.**



**La deforestación de la parte alta de la cuenca del Valle de Jovel.**

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

**Denise Soares Moraes.**  
denise\_soares@tlaloc.imta.mx

Como parte de la línea de investigación del IMTA en torno a la vulnerabilidad asociada al cambio climático, se desarrolla un proyecto financiado por el Fondo SEP-CONACYT Ciencias Básicas cuyo objetivo es 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 2012 se realizó un diagnóstico sobre formas comunicativas en cuatro localidades de Yucatán: Celestún, San Felipe, Ixil y Comisaría de Sisal, a partir del cual se diseñó una estrategia de comunicación en torno a la vulnerabilidad socioambiental en la zona y a las diversas alternativas de adaptación a las nuevas condiciones.

La estrategia de comunicación se ha trabajado desde dos perspectivas: una lúdica, en donde, a través de dos juegos (Memorama y Palmeras y Huracanes) y una exposición itinerante, se compartieron las vulnerabilidades y fortalezas encontradas en las cuatro localidades y, la otra perspectiva, se refiere a la distribución de información gráfica (polidípticos y documento síntesis para tomadores de decisión) y un taller de intercambio de experiencias, a fin de que cada localidad pudiera reconocer sus fuerzas y debilidades y también reflexionar sobre las características de las demás, a fin de sacar lecciones aprendidas sobre cómo vencer o reducir las vulnerabilidades y emprender estrategias de adaptación de forma colectiva.

La estrategia de comunicación está orientada a reflexionar sobre los impactos diferenciados de los huracanes entre hombres y mujeres, e incentivar a las poblaciones locales a participar en la discusión sobre el papel de cada persona y comunidad en la reducción de la vulnerabilidad a nivel local. Para ello, por un lado se comparten las vulnerabilidades y fortalezas frente a huracanes y, por otro, se alienta a los actores sociales locales a formar redes de cooperación entre los municipios, con la finalidad de potenciar su capital social y desde este capital generar una espiral de sustentabilidad, creando sinergias con otros capitales (social, cultural, humano, político, natural, financiero y físico).



**Visitantes en la exposición itinerante llevada a cabo en Celestún.**



**Estudiantes de la Escuela Primaria Federal Berta María G.R, de Celestún, jugando Palmeras y Huracanes.**



**Niños y niñas de Sisal (municipio de Hunucmá) jugando “Palmeras y Huracanes”.**



## □ **Gobernanza del agua**

**Daniel Murillo Licea**  
rromero@tlaloc.imta.mx

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 desarrolló 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 Económico (OCDE). Asimismo, se editó un libro sobre el tema, en el que participaron 53 autores.

De igual forma el IMTA, junto con el Colegio de México, la CONAGUA y la Asociación de Empresas de Agua y Saneamiento, trabajó en el texto *Hacia un documento de posicionamiento de gobernanza del agua en México*. Una versión preliminar se sometió a discusión a un grupo invitado de expertos en el tema, mediante un foro organizado en El Colegio de México, para enriquecer su contenido. También, se editó un libro.



**Portada del libro *La gobernanza del agua: ¿Un desafío actual? Hacia una mirada crítica del concepto y su aplicación.***

## □ **Ortorrectificación de imágenes satelitales Spot 2012**

**Jorge Brena Zepeda**  
jbreña@tlaloc.ima.mx

Este fue un proyecto de colaboración interinstitucional con cerca de diez dependencias Federales, convocado por el SIAP-ERMEXS (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Estación de Recepción México de la Constelación Spot), responsables de la administración del programa de adquisición y distribución de imágenes del Sistema Spot para México.

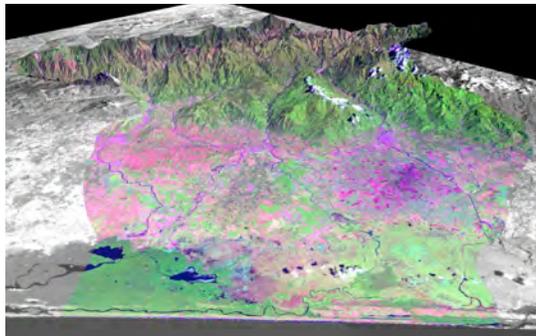
El objetivo del proyecto consistió en la orrorrectificación (proceso para corregir geoméricamente una imagen y así eliminar las distorsiones que se producen durante la captura de ésta) distribuida de la cobertura nacional de imágenes de satélite y la generación de productos con valor agregado, como lo son las imágenes fusionadas en color con una resolución de 2.5 m. El desarrollo del proyecto permite la disponibilidad de información actualizada y de calidad a la Administración Pública Federal, para apoyar la toma de decisiones y programas de gobierno.



**Cobertura de imágenes procesadas por el IMTA en el proyecto de orrorrectificación de la cobertura nacional.**



**Imagen fusionada de 2.5 m de resolución, producto de valor agregado generado por el IMTA.**



**Ejemplo de aplicación de las imágenes procesadas como apoyo a la evaluación de los recursos hídricos.**

## □ **Entidad Nacional Implementadora del Fondo de Adaptación al Cambio Climático en México**

**Benjamín de León Mojarro**  
bleon@tlaloc.imta.mx

El Fondo de Adaptación (*Adaptation Fund*) fue creado en el marco del Protocolo de Kioto, de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Este Fondo es un mecanismo para financiar proyectos y programas concretos de adaptación al cambio climático en países en desarrollo. Está financiado por el 2% de los certificados de reducción de emisiones provenientes de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, y por otras fuentes de financiamiento.

En abril de 2010 el Fondo de Adaptación solicitó a México el nombramiento de una Autoridad Nacional Designada (AND) y la designación de una potencial Entidad Nacional Implementadora (ENI), para acceder al financiamiento y supervisar los proyectos y programas de adaptación apoyados por el Fondo.

En mayo de 2011, el titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) nombró al Dr. Francisco Barnés Regueiro, Presidente del entonces Instituto Nacional de Ecología, ahora INECC, como Autoridad Nacional Designada; de igual forma, postuló al IMTA para fungir como Entidad Nacional Implementadora de México ante el Fondo de Adaptación.

En noviembre de 2011, el IMTA requisitó la solicitud correspondiente e inició el proceso de acreditación. En marzo de 2012, la XIX Junta del Fondo de Adaptación celebrada en Alemania, acreditó al IMTA como Entidad Nacional Implementadora de programas y proyectos de adaptación al cambio climático en México.

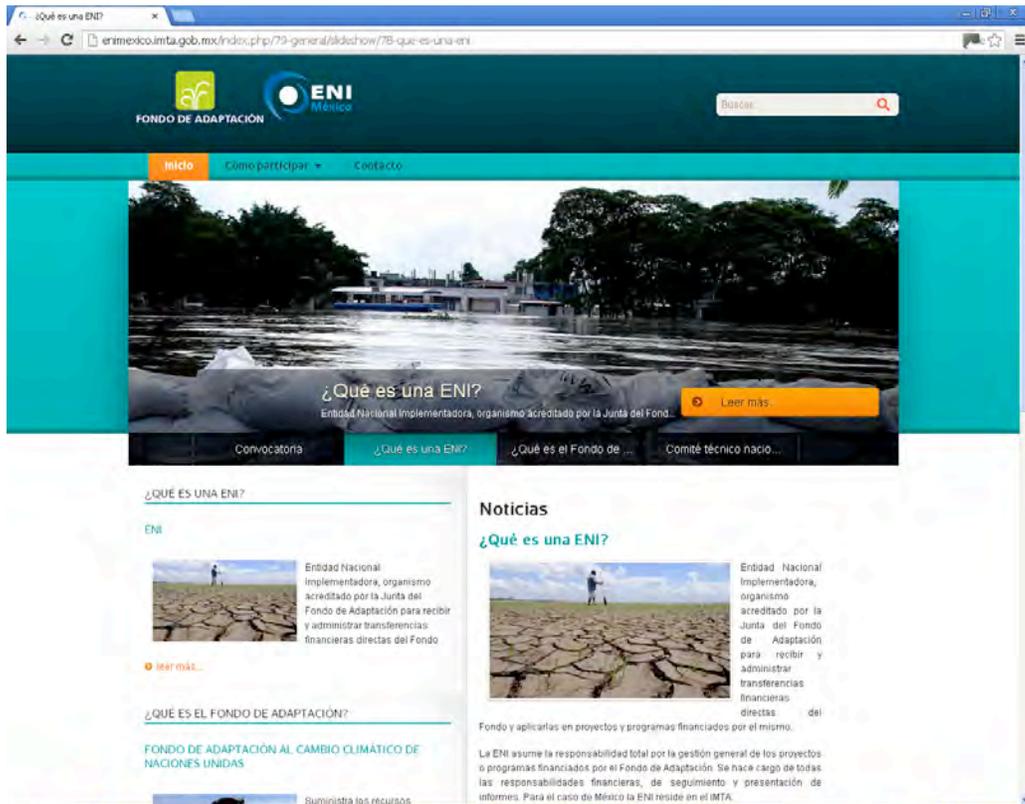
Al financiamiento de este Fondo, pueden acceder organismos públicos, universidades, instituciones, organismos no gubernamentales, u otro tipo de organizaciones que presenten proyectos o programas concretos de adaptación a los efectos adversos del cambio climático, que tengan un impacto real en las comunidades más vulnerables del país. Los proyectos se pueden plantear en ámbitos comunitario, regional y nacional, y deberán tener uno o más objetivos colectivos, con productos y resultados concretos definidos de manera estricta en cuanto a espacio, alcance y tiempo. Su aprobación está sujeta al cumplimiento de criterios de análisis por el Fondo de Adaptación.

Para su adecuado funcionamiento, la ENI México creó el Comité Técnico Nacional, cuya función es recibir y evaluar las propuestas de programas y proyectos. Este Comité está conformado por representantes de la UNAM, del Colegio de México, del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, de la

Comisión Nacional de Biodiversidad, de la Comisión Nacional del Agua y del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Para la ejecución del proyecto, se conformó la Coordinación ejecutiva, encargada de elaborar y difundir convocatorias, recibir propuestas de proyectos y enviarlas para su evaluación a los miembros del Comité Técnico Nacional, enviar proyectos para su evaluación a la Junta del Fondo de Adaptación, y administrar los fondos de los proyectos apoyados por el Fondo, así como dar seguimiento técnico y administrativo al avance de los proyectos apoyados.

Dentro de los resultados alcanzados en este año 2012 se realizaron los procedimientos de operación de la ENI, el diseño y puesta en marcha del sitio en Internet donde se encuentra la información relativa a este Fondo y la primer convocatoria, tras la cual se presentaron al Fondo 42 proyectos, de los cuales 4 cumplieron con los requisitos, y con los que se pretende conformar un programa para ser propuesto al Fondo de Adaptación para su aprobación y financiamiento.



Sitio de la ENI México.

# CAPÍTULO 3

## FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

### □ *Posgrado IMTA*

Alejandro Sainz Zamora  
asainz@tlaloc.imta.mx

En 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; dos de los egresados obtuvieron el grado correspondiente.



**Examen de grado de la Lic. Virginia Cortés.**

Por otra parte, concluyeron los cursos de la segunda generación del doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua. De 16 matriculados, seis se mantienen como estudiantes regulares, desarrollando sus respectivos trabajos de tesis.

Por lo que respecta a la primera generación del doctorado, de 12 matriculados, cuatro obtuvieron el grado correspondiente.



**Examen de grado del M.I Isaías López.**

A fines de 2011, el Comité Técnico y de Administración del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua (FSIDA), en su 2ª reunión extraordinaria autorizó llevar a cabo la tercera 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, el 27 de abril se difundió la convocatoria para el proceso de selección e ingreso.

A partir de la difusión de la convocatoria, 127 personas solicitaron información sobre los posgrados, 69 de estas participaron en el proceso de selección y 26 cubrieron con todos los requisitos establecidos.

**Aceptados a la 3ª generación del posgrado IMTA.**

PROGRAMA	GENERACIÓN	ESTUDIANTES
Maestría en Ciencias del Agua (Gestión Integral del Agua de Cuencas y Acuíferos)	2013-2014	12
Maestría en Ciencias del Agua (Hidrometeorología y Meteorología Operativa)		5
Doctorado en Ciencias y Tecnología del Agua	2013-2015	9

Los cursos de maestría y doctorado de la tercera generación inician en enero de 2013.

## □ **Capacitación técnica para la CONAGUA**

Alfredo Ocón Gutiérrez  
aocon@tlaloc.imta.mx

A solicitud de la Gerencia de Innovación y Calidad de la Subdirección General de Administración de la CONAGUA, se implementó un programa de formación de recursos humanos para dicha dependencia a través de la impartición de cursos de capacitación presencial en diversas sedes del territorio nacional.

Se programaron e impartieron 23 cursos presenciales, a los cuales asistieron 456 capacitandos. Cabe señalar que es el segundo año consecutivo que se desarrolla un programa de este tipo para la CONAGUA y se espera continuar con este proceso de educación continua del personal de dicha dependencia en el futuro inmediato.

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

Alfredo Ocón Gutiérrez  
aocon@tlaloc.imta.mx

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 doscientos 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 escurrimiento en cuencas con HEC-HMS.  
Instructor: Juan Francisco Gómez.**

Para este año 2012, con objeto de fortalecer las capacidades del sector se preparó un programa sobre diversos temas, entre ellos: tratamiento de aguas residuales, modelación hidráulica e hidrológica, análisis de laboratorio en muestras de agua.



**Participantes del curso *Operación de plantas de tratamiento de lodos residuales.***



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

### □ ***Formación del Centro de Evaluación (CE) de Competencias Laborales en la CEA-BC Segunda Etapa***

**Antonio Romero Castro**  
aromero@tlaloc.imta.mx

Con el objeto de apoyar al personal de la Comisión Estatal del Agua de Baja California para el establecimiento del Centro de Evaluación (CE) de Competencia Laboral, acreditado por la ECE-IMTA. Se realizaron varias actividades entre ellas, la capacitación, evaluación y certificación del personal responsable para la integración y funcionamiento de dicho Centro, asimismo, se impartieron varias asesorías en sitio para la creación, administración y funcionamiento técnico del Centro de Evaluación de competencias laborales CEA-BC.

Para tal efecto el IMTA desarrolló el material didáctico necesario para la impartición de dos cursos de reforzamiento relacionados con los Estándares de Competencia Laboral EC0145 “*Conservación de la red de agua potable*” donde participaron 28 personas y en el EC0153 “*Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua*” con la participación de 20 personas.

El programa consideró la evaluación de competencia laboral en dos Estándares, para un total de 40 personas y la gestión de treinta certificados. Sin embargo, ante las necesidades de capacitación, evaluación y certificación de personal que coadyuve en la conformación

del Centro de Evaluación de la CEA-BC, se realizaron evaluaciones y certificaciones adicionales obteniéndose los resultados de 51 personas evaluadas y certificadas.

Por otro lado, la finalidad de que la Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEA-BC) se constituyera como un Centro de Evaluación, es para apoyar la certificación del personal del subsector agua potable y saneamiento del noroeste del país, para lo cual el IMTA asesoró al personal designado, realizando un diagnóstico de los recursos humanos, recursos materiales, infraestructura para la formación del Centro de Evaluación e integró una carpeta con los documentos que establece el CONOCER a la ECE-IMTA para acreditar Centros de evaluación, durante las asesorías se capacitó al personal responsable de cada una de las áreas conforme a la estructura del Centro de Evaluación en forma grupal e individual, así como la acreditación de evaluadores de la competencia laboral en los estándares seleccionados por la misma ante el CONOCER.

Es importante mencionar que con la entrega de los procedimientos para el funcionamiento de dicho Centro, así como de tres Cédulas de Acreditación, la CEA-BC, inició sus actividades a finales del año 2012 con el apoyo y asesoría del personal del IMTA, ofreciendo servicios competitivos y de calidad en el noroeste del país, apegados al Sistema Nacional de Competencias con beneficios tangibles para los Organismos Operadores de Agua Potable y Saneamiento del país.



**El Director General del IMTA entrega Cédula de Acreditación a la CEA-BC, como centro de evaluación de competencias laborales.**



**Asesoría para la formación del centro de evaluación (CE),  
por el Mtro Antonio Romero y la Mtra. Mayra Pérez,  
en las oficinas de Mexicali B.C.**



**Evaluación de la competencia EC0145, por el Mtro. Mario Jiménez del IMTA, en Tijuana B.C.**



**Evaluación de la competencia EC0145, por el Mtro. Armando Mendiola del IMTA,  
en Tijuana B.C.**

□ **Segunda fase de la instrumentación de un programa de capacitación y certificación de las competencias laborales del personal para la Comisión de Estatal de Agua y Saneamiento de Tabasco (CEAS)**

Armando Mendiola Mora  
amendiol@tlaloc.imta.mx

Con la finalidad de darle continuidad al programa de capacitación y certificación de competencia laboral del personal de la Comisión de Estatal de Agua y Saneamiento de Tabasco (CEAS), durante el periodo 2011- 2012 la CEAS solicitó el apoyo del IMTA para continuar con el fortalecimiento de las capacidades laborales de su personal y el reconocimiento a la función individual que realizan dentro de la institución, estas actividades fueron iniciadas a partir del año 2009. Para tal fin, el IMTA se acreditó primero, como un centro de evaluación de competencias (CE) y posteriormente como una entidad de certificación y evaluación de competencias laborales (ECE) y colaboró con la CEAS en la instrumentación de un programa de capacitación y certificación, basado en competencias laborales.

En esta segunda fase del programa, se reanudaron las actividades, con el objeto de capacitar, evaluar y certificar a 1,000 trabajadores de dicha Comisión.

Los resultados obtenidos, adicional a la elaboración de 12 manuales del participante, se muestran en la siguiente tabla:

NÚM.	ESTÁNDAR		Personas			
	CLAVE	NOMBRE	Capacitados	Evalutados	Competentes	Todavía no competentes
1	EC0025	Promoción de servicios de asistencia social	36	33	28	5
2	EC0076	Evaluación de la competencia de candidatos con base en Estándares de competencia	25	26	22	4
3	EC0140	Cuantificación del consumo de agua con medición	32	31	31	0
4	EC0145	Conservación de la red de agua potable	133	139	139	0
5	EC0149	Operación de vehículo oficial para transporte de personal	77	81	81	0
6	EC0153	Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua	60	61	60	1

7	EC0154	Prestación de los servicios de limpieza	22	22	22	0
8	EC0180	Promoción de cultura del agua	17	27	20	7
9	EC0208	Conservación de la red de alcantarillado mediante vehículo de desazolve	41	41	36	5
10	EC0209	Operación de plantas potabilizadoras	165	158	122	36
11	EC0210	Tratamiento de aguas residuales con tanque Imhoff	54	57	51	6
12	EC0215	Mantenimiento correctivo a instalaciones eléctricas industriales	70	68	58	10
13	CTOF0200	Atención a clientes mediante información documental	257	255	252	3
<b>Totales</b>			<b>989</b>	<b>999</b>	<b>922</b>	<b>77</b>

Este programa ha permitido no solo mejorar las habilidades y conocimientos de su personal en su labor diaria en la institución, sino mejorar el desempeño institucional. Asimismo, ha reconocido el trabajo que por muchos años ha realizado el personal de la CEAS.



**Curso Operación de plantas potabilizadoras.**



**Curso Promoción de servicios de asistencia social.**



**Plática sobre el Sistema Nacional de Competencias y sobre el EC0025: Promoción de servicios de asistencia social.**



**Acuerdo del plan de evaluación para personal de la CEAS Tabasco.**



Recopilación de evidencias de desempeño, durante la evaluación en el EC0025: Promoción de servicios de asistencia social.

□ ***Programa de capacitación con base en estándares de competencia laboral, para la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa, Veracruz (CMAS Xalapa)***

Armando Mendiola Mora  
[amendiol@tlaloc.imta.mx](mailto:amendiol@tlaloc.imta.mx)

A solicitud de la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa, Veracruz (CMAS Xalapa), el IMTA implementó un programa de capacitación con base en estándares de competencia laboral, con el fin de capacitar hasta 150 candidatos en cualquiera de los cinco estándares de competencia seleccionados, relacionados con funciones del sector hídrico.

Como parte de las actividades, el IMTA elaboró los materiales didácticos para cada evento, los cursos tienen la característica de reforzar los conocimientos obtenidos por cada persona de manera empírica al paso de los años en el ejercicio de la función individual que tienen asignada, estos eventos tuvieron una duración de 24 horas e incluyeron para cada participante, la entrega del manual del curso y una constancia de participación.

Se consideró en cada curso la realización de ejercicios prácticos en campo o en su caso a través de juego de roles, que permitieron simular una situación real de trabajo conforme a las funciones incluidas en los estándares de competencia.

Los cursos impartidos fueron:

1. *Conservación de la red de agua potable* (14 participantes).

2. *Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua* (25 participantes).
3. *Conservación de la red de alcantarillado mediante vehículo de desazolve* (17 participantes).
4. *Operación de vehículo oficial para transporte de personal* (15 participantes).

Cada evento de capacitación incluyó una plática para el grupo, sobre el Sistema Nacional de Competencias y sobre el EC correspondiente en el que se basó el curso.

El objetivo de la CMAS Xalapa, es que en una segunda fase el personal capacitado pueda ser certificado en los EC en que se capacitaron, para reconocer la labor que día a día desarrollan sus empleados.



**Curso *Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua.***



**Ejercicio de juego de roles para la atención a clientes.**



**Evento de retroalimentación y clausura del curso *Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua.***

## □ **Programa de Organización Empresarial de Unidades de Riego**

José Ángel Guillén González  
guillen@tlaloc.imta.mx

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 Comisión Nacional del Agua estableció el Programa de Organización Empresarial de Unidades de Riego (PROEUR), que le permite canalizar apoyos a los productores rurales usuarios del agua.

El PROEUR se fundamenta en el desarrollo de capital humano y social a través del fomento de la empresarialidad en las organizaciones de usuarios de riego, la cual se logra con la elaboración de una estructura de desarrollo empresarial campesina que permite generar mayores ingresos al incrementar el valor agregado a los productos agropecuarios y optimizar el uso del agua.

El Programa se aplicó en la Unidad de Riego Pozo Villa María, en el ejido Melchor Ocampo, municipio del mismo nombre en el Estado de México, donde se capacitaron 345 productores, seleccionándose un grupo de 14 de ellos en una superficie de 28 ha. El IMTA los asesoró en la elaboración de una estructura de desarrollo empresarial campesina y de un proyecto para la producción de hortalizas bajo condiciones de riego. Este proyecto permitirá generar empleos de manera permanente, disminuir los costos de producción, hacer más eficiente el uso del agua y tener mayor competitividad en el mercado, con lo cual se logrará la transformación de productores tradicionales en empresarios agrícolas.



**Productores definiendo el proyecto de producción de hortalizas con riego tecnificado.**

## □ **Evaluación de efectos de la sequía aplicando técnicas de geomática**

**Jorge Brena Zepeda**  
jbrena@tlaloc.imta.mx

A solicitud del gobierno del estado de Durango, el IMTA desarrolló un taller de capacitación dirigido 15 especialistas de diferentes dependencias de los gobiernos federal, estatal y municipal encargados de la atención de la problemática derivada de la severa sequía que afectó al estado en 2012.

El objetivo del taller consistió en caracterizar los 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.



**Interacción de los especialistas del IMTA y con los participantes durante el desarrollo del taller.**



**Sesión de trabajo en la que se explicó el empleo de las imágenes satelitales en la evaluación de efectos superficiales derivados de la sequía.**

# CAPÍTULO 4

## PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

### □ *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*

Helena Rivas López  
hrivas@tlaloc.imta.mx

En 2012 se editaron cuatro números de la revista: vol. III, núm. 1, enero-marzo; vol. III, núm. 2, abril-junio; vol. III, núm. 3, julio-septiembre, y vol. III, núm. 4 octubre-diciembre, tanto en versión impresa como digital.

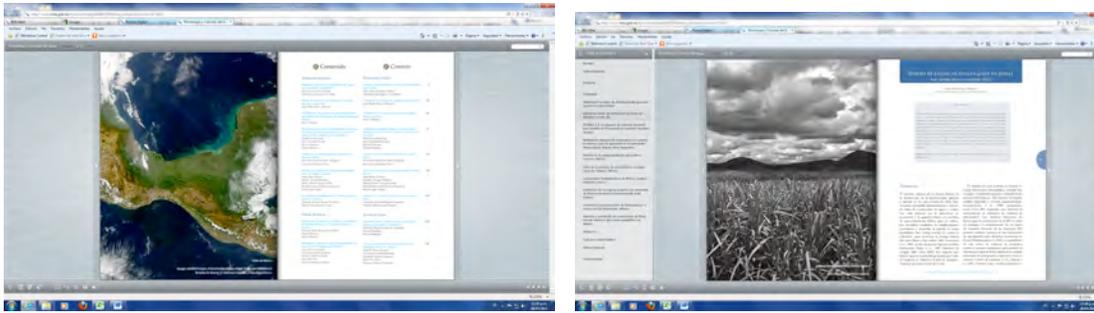
La revista se distribuyó a 1,650 suscriptores tanto de México como del extranjero.

La página web tuvo 63,800 visitas anuales (11% más que el año anterior), provenientes de 97 países y de 2,562 ciudades de los cinco continentes. Los diez países desde donde se tiene mayor número de visitas son: México, Colombia, Perú, España, Venezuela, Argentina, Chile, Ecuador, Bolivia y Estados Unidos. El porcentaje de visitas nacionales es del 58% y 42% internacionales.

Se enviaron por correo electrónico 1,919 artículos en PDF (cuarenta más que en 2011), a personas que solicitaron el material desde 21 países: Alemania, Argentina, Australia, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, Italia, México, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana y Venezuela.



Portadas de la de la revista.



Edición digital de la revista.

## □ **Centro de Conocimiento del Agua (CENCA)**

Javier Castro  
jcastro@tlaloc.imta.mx

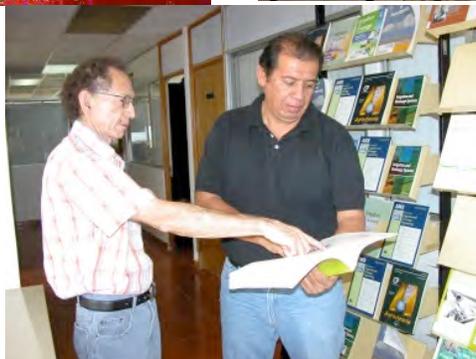
En apoyo a los profesionales del sector agua nacional, el CENCA generó sus servicios de información especializados de actualización profesional y de solución de problemas técnicos, lo cual constituye un elemento esencial en la gestión del conocimiento en el Instituto. Los servicios generados fueron: 1,584 noticias del boletín de Noticias Nacionales Relevantes sobre el Agua a 290 especialistas del IMTA y sector agua de México, doce números de los boletines: Tablas de conte

ido, Nuevas adquisiciones bibliográficas y Eventos técnicos, mismos que están disponibles en su portal web: <http://cenca.imta.mx>. Con respecto a este sitio web, hubo un incremento en las consultas del 19% con respecto al año anterior, obteniéndose 54,922 accesos, 3,747 consultas a revistas y acceso a 5,263 artículos a texto completo.

En el marco de la celebración por el “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.

Asimismo, con el fin de compartir el conocimiento generado y facilitar el aprendizaje organizacional, se desarrolló un repositorio institucional que es un archivo electrónico que incluye la producción científica del IMTA y está formado por las colecciones digitales que se captan, preservan y permiten difundir la producción intelectual científica o académica del IMTA, registrándose 207 artículos publicados en las revistas Ingeniería Hidráulica en México y Tecnología y Ciencias del Agua. Este acervo es para uso interno, ya que contiene material protegido por Derechos de Autor.

Finalmente, el CENCA continúa con el programa de formación de usuarios “El CENCA fuera del CENCA”, con el fin de desarrollar las habilidades de los especialistas del IMTA en la búsqueda y recuperación de información. Este programa permitió incrementar las estadísticas de uso de los servicios y conocer con mayor precisión las necesidades y requerimientos de información de los usuarios.



## Comunicación institucional

El IMTA tiene entre sus funciones principales la 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**

Antonio Requejo del Blanco  
arequejo@tlaloc.imta.mx

Con el objetivo de extender la difusión de los productos editoriales del IMTA, se continúa con los puntos de venta en librerías del Instituto Politécnico Nacional y de la Universidad Autónoma Metropolitana, así como de EDUCAL y diversos establecimientos de la cadena Librerías Gandhi. Asimismo, también se prosiguió con la difusión de estos productos en eventos relevantes del sector hídrico, entre ellos: IX Encuentro Nacional de Cultura del Agua, XXVI Convención Anual de la ANEAS, XXII Congreso Nacional de Hidráulica y XVIII Asamblea General Ordinaria de la ANUR. En total, se distribuyeron 6,900 ejemplares tanto en versiones impresas como digitales.

También, en el aspecto correspondiente a la diseminación del conocimiento hídrico, dentro del sitio web del Instituto se abrió en el mes de octubre la sección "Biblioteca Digital del IMTA", espacio que presenta, hasta ahora, 32 libros en versión digital que pueden ser descargados libremente. En tres meses hubo un total de 2,371 descargas.

En 2012 se editaron veinte libros, 16 en edición propia y cuatro en coedición,

## □ ***Sistemas informáticos y sitios web***

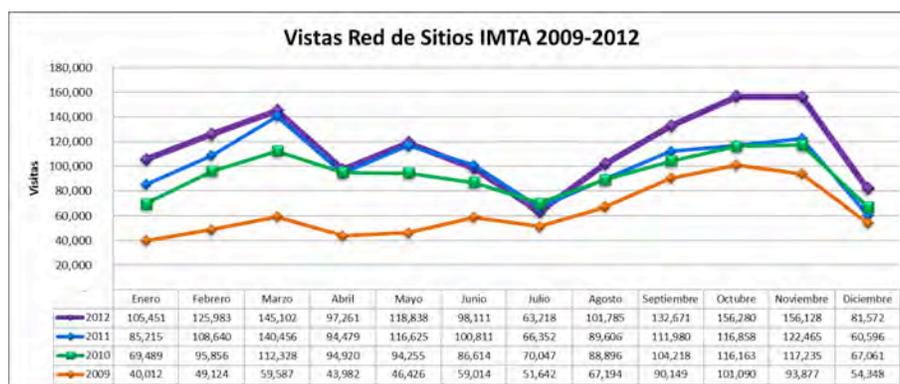
**Daniel Ramos Reyes**  
**dramos@tlaloc.imta.mx**

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

Como parte de las actividades relacionadas con el tema "Mejora de sitios web institucionales", del Programa Nacional de Rendición de Cuentas, Transparencia y Combate a la Corrupción, se efectuaron las acciones necesarias para dar cumplimiento a los lineamientos en cuanto a imagen, formato y contenido establecidos por el Sistema Internet de la Presidencia (SIP) para los sitios web institucionales. Uno de estos lineamientos fue el relacionado con lo dispuesto por el artículo 41 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, durante el tiempo que comprendieron 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 se suspendió el acceso a las secciones de este portal de Internet que contienen difusión de programas, acciones, obras o logros de gobierno.

En el contexto de este mismo tema, en julio de 2012 el SIP realizó una evaluación a los sitios web de las entidades y dependencias de Gobierno Federal. Se evaluaron 21 reactivos abarcando diversos aspectos sobre arquitectura de la información, imagen institucional, accesibilidad, tecnología, calidad en el servicio, calidad de contenidos y experiencia del usuario. El resultado obtenido por el sitio web del IMTA en esta evaluación fue una calificación de “10” (sobresaliente).

Por otro lado, la Red de Sitios IMTA, en su conjunto, registró un total de 1,382,400 visitas en 2012 (13% más que el año anterior), destacando entre ellas las 821,804 visitas correspondientes al portal IMTA y a *ATL, el Portal del Agua desde México*.



Se desarrolló y se puso en operación el sitio web para la Entidad Nacional Implementadora del Fondo de Adaptación al Cambio Climático, utilizado para difundir información y dar seguimiento a las propuestas de proyectos que se recibieron.

En cuanto a boletines electrónicos, en 2012 se publicó la *Gaceta del IMTA*. Adicionalmente, de enero a diciembre, se enviaron cada mes los boletines electrónicos: *Boletín de Novedades Atl*, *Boletín Conamexphi* y boletín *Imtanet*, dirigido este último a empleados del Instituto.

## Boletines electrónicos

- Gaceta IMTA
- Boletín de novedades Atl
- Boletín Conamexphi
- Boletín IMTAnet



Distribución mensual a **4,500** usuarios, por cada boletín

## □ **Estudio comparativo del uso de tecnologías de la información (TIC)**

**Guillermo Hernández González**  
ghernag@tlaloc.imta.mx

Se llevó a cabo un estudio comparativo del uso de las TIC en el sector agua en México y de sus propuestas de aplicación. Desde el año 2008, el IMTA ha realizado un notable esfuerzo para poner a disposición de la población y de los especialistas la información más reciente en materia hídrica a través de herramientas como la red de sitios electrónicos del IMTA, la producción de videos, animaciones y materiales multimedia.

Debido a los escasos antecedentes en relación con los marcos de evaluación del impacto de las TIC en la gestión del agua y, sobre todo, a lo exiguo de su aplicación práctica, esta investigación se planteó como un estudio exploratorio. Tomando en cuenta que, del amplísimo espectro de TIC, el principal medio de comunicación empleado por las instituciones del sector agua son los sitios web y más recientemente las redes sociales, el análisis comparativo se centró en estos dos medios: los sitios web y las redes sociales empleados por las organizaciones del sector agua.

Como resultado del proyecto, se cuenta con el documento *TIC + H<sub>2</sub>O: TIC y sector agua en México*, que integra: el análisis comparativo realizado en una muestra de 11 sitios web de organizaciones del sector hídrico, donde se analizan parámetros como accesibilidad, contenido, posicionamiento y tecnología de los sitios web, así como el desenvolvimiento de los perfiles de las organizaciones del sector agua en redes sociales; la descripción, a manera de propuesta, de una serie de importantes referencias relacionadas con la generación de conocimiento cuyo común denominador son el conocimiento, la apertura y las TIC, y una propuesta para la estandarización, administración y el uso de las redes sociales del IMTA.

## □ **Producción radiofónica**

**Marco Antonio Sánchez Izquierdo**  
masanchez@tlaloc.imta.mx

El programa *Planeta Agua*, que entró 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 contenidos, las emisiones también se transmiten vía Internet a través de los portales del Instituto y *Atl*, *El Portal del Agua desde México*, de la Cátedra UNESCO-IMTA *El Agua en la Sociedad del Conocimiento*.

## □ **Gaceta del IMTA**

**Marco Antonio Sánchez Izquierdo**  
masanchez@tlaloc.imta.mx

En 2012 se continuó la publicación 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 3,000 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**

**Arturo Brizuela Mundo**  
Brizuela@tlaloc.imta.mx

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. Se realizaron en total 15 videos de difusión:

1	<i>Sistema Biotrop.</i>
2	<i>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Por una gestión sustentable del agua.</i>

3	<i>Nuestra fortaleza está en su gente. Certificación de competencias laborales para el personal del CEAS, Tabasco.</i>
4	<i>Sistema de riego con agua residual Celaya.</i>
5	<i>Metodología de drenaje superficial.</i>
6	<i>Control biológico de Arundo Donax.</i>
7	<i>IMTA. Soluciones integrales para un desafío global: La sustentabilidad del agua.</i>
8	<i>Distrito de Riego 014. Riego por goteo, indispensable para obtener dos cultivos en el mismo ciclo agrícola con la misma dotación anual de agua.</i>
9	<i>Estabilización del acuífero Valle de Santo Domingo BCS, conquista de usuarios y autoridades.</i>
10	<i>Distrito de Riego 001, Pabellón Aguascalientes.</i>
11	<i>D.R. 001 Pabellón Aguascalientes. Primero en el tiempo y primero en tecnificación.</i>
12	<i>Reseña del IV Coloquio Internacional Jurídico del Agua.</i>
13	<i>Impacto del cambio climático en el ensalitramiento de los suelos de un distrito de riego.</i>
14	<i>Sistema de riego de alta eficiencia.</i>
15	<i>Riego urbano.</i>



Para contribuir a la gestión del conocimiento del agua, se realizó la transmisión en vivo a través de Internet, así como las memorias audiovisuales de eventos tales como el Seminario Internacional Gobernanza del Agua, del Concepto a la Implementación; del IV Coloquio Internacional Jurídico del Agua, organizado por la CONAGUA y la Suprema Corte de Justicia de la Nación, y El Seminario Anual de la Cátedra UNESCO-IMTA.



Adicionalmente, se realizaron actividades de difusión internas como la producción de videocápsulas informativas y entrevistas en video de especialistas de proyectos, entre ellas: *Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológico-administrativas* y *Caracterización de humedales*. Dicho material se publicó en el sitio Imtanet.

#### □ **Programa Hidrológico Internacional (PHI)**

El Comité Nacional Mexicano del Programa Hidrológico Internacional (Conamexphi) brindó diversos apoyos a los programas globales del PHI desarrollados en México. Entre otros, se apoyó económicamente al programa de isótopos ambientales en la hidrología (JIHPP), para la realización de la primera reunión del Proyecto de Cooperación Técnica para la Evaluación del Uso de Isótopos Ambientales en Acuíferos Intensamente Explotados en Latinoamérica.

Asimismo, se apoyó al grupo de trabajo Agua y Cultura para la edición del libro *Culturas del agua y cosmovisión india en un contexto de diversidad cultural*, así como al programa Del Conflicto Potencial a la Cooperación Potencial (PCCP) para la impresión del libro *Los conflictos por el agua en México: caracterización y prospectiva*, con un tiraje de doscientos ejemplares, así como la realización de un curso sobre manejo de conflictos



**Página web del Conamexphi. [www.imta.gob.mx/conamexphi/](http://www.imta.gob.mx/conamexphi/)**

Entre otras acciones, se participó en las reuniones de la Mesa del PHI y en la XX Sesión del Consejo Intergubernamental del PHI, donde se discutieron, entre otros, los planteamientos para la próxima VIII fase del PHI y su plan de implementación, así como la propuesta de nuevos centros categoría 2 del PHI/UNESCO. Para divulgar las acciones del PHI y de los programas del Conamexphi, se dio mantenimiento a la página web del Conamexphi, instrumento de divulgación de noticias y documentos técnicos que en 2012 acumuló 15,000 visitas.

***Producción de material didáctico y generación de método de evaluación***

**Claudia Espinosa**  
cespinos@tlaloc.imta.mx

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 la pasada administración, y que está basado en los resultados del proyecto que el IMTA desarrolló para la CONAGUA en 2009.

La divulgación del conocimiento sobre temas ambientales relacionados con el agua, con atención a la población no especializada, requiere de materiales innovadores, es por eso que se produjeron tres materiales que ponen atención en el conocimiento de las cuencas; el conocimiento de la relación del agua con la salud y el ciclo de agua en ambientes semiáridos.

Para el primer caso, se cuenta con el multimedia *Cuenca Hidrológica*, a partir de la descripción gráfica en papel amate de una cuenca hidrológica tipo (producida en 2011), que contiene información general sobre las cuencas de México. Este multimedio será distribuido en disco compacto.

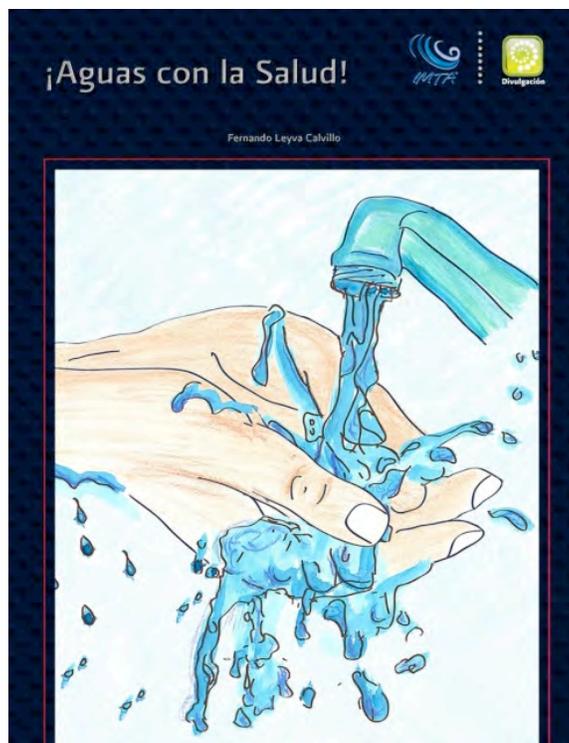


**Multimedia *Cuenca Hidrológica*.**



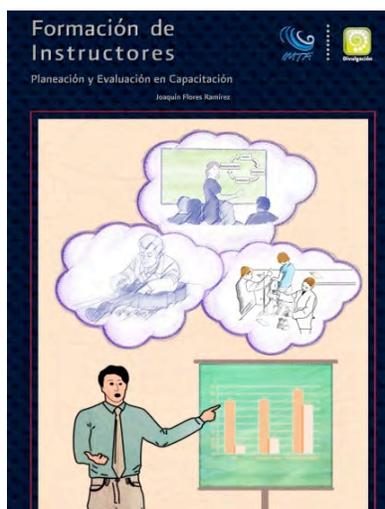
**Multimedia *Cuenca Hidrológica*.**

Para el segundo caso, se editó en versión digital el libro *¡Aguas con la salud!*, incluido en la Colección “Divulgación” del IMTA.



**Portada del libro ¡Aguas con la salud!**

También se editó en formato digital el libro *Formación de instructores. Planeación y evaluación en capacitación.*



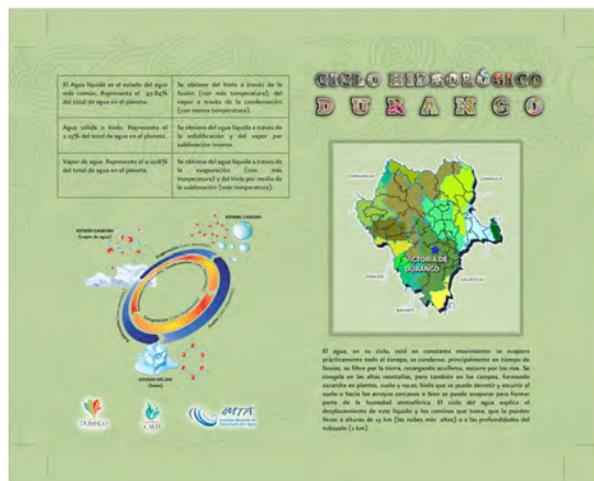
**Portada del libro *Formación de instructores. Planeación y evaluación en capacitación.***

Para el tercer caso, el ciclo del agua para zonas áridas y semiáridas, en el marco del convenio específico de colaboración con la Comisión Estatal del Agua del estado de Durango (CAED), se acordó la coproducción del libro *Pop Up* (libro

tridimensional), sobre el ciclo del agua en el estado, quedando aún pendiente el trámite de registro y su reproducción.



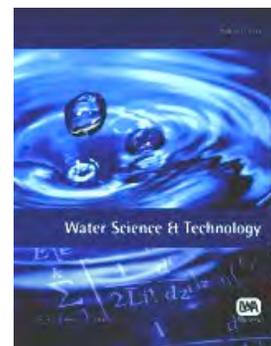
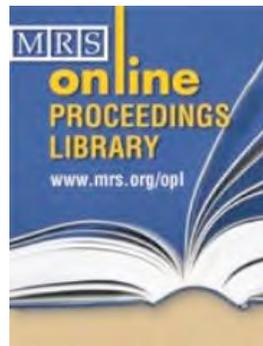
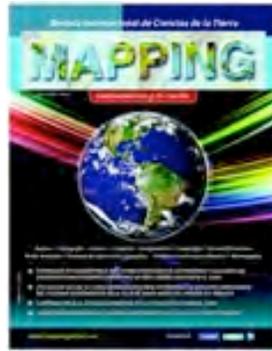
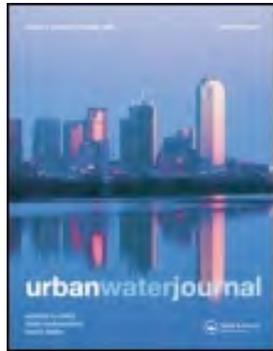
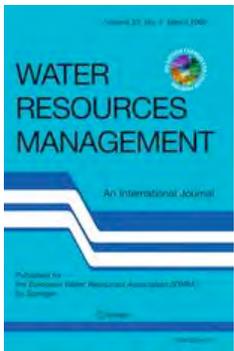
Libro *Pop Up* del ciclo del agua en Durango.



Libro *Pop Up* del ciclo del agua en Durango.

## Artículos publicados por especialistas

Durante 2012, especialistas del IMTA publicaron cuarenta artículos científicos, 285 artículos de divulgación y 35 capítulos en libros.



## CAPÍTULO 5

# OTRAS ACTIVIDADES RELEVANTES

### □ ***Sistema de Gestión de la Calidad***

De acuerdo con la política de calidad, el IMTA tiene el compromiso de satisfacer los requerimientos de clientes, usuarios y partes interesadas. Por ello, requiere que el Sistema de Gestión de la Calidad evolucione permanentemente a través de un ciclo de mejora continua.

En 2012 se llevaron a cabo una auditoría interna a la totalidad del Sistema, una auditoría de recertificación en dos fases, una auditoría documental sin “No Conformidades” y una auditoría general, con la que se obtuvo un dictamen de certificación, con fecha del 6 de diciembre, vigente por tres años.

Asimismo, se impartieron tres cursos sobre criterios de evaluación de sistemas de gestión de personal; el curso *Diseño y desarrollo*, para la Coordinación de Desarrollo Profesional e Institucional, y el curso *Inducción al Sistema de Gestión de la Calidad*, para personal de nuevo ingreso.

Por otra parte, como resultado de acciones correctivas y preventivas, se propusieron diversas mejoras en materia de gestión de proyectos, así como de la documentación del Sistema de Gestión de la Calidad.

### □ ***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).**

## CAPÍTULO 6

### PREMIOS Y DISTINCIONES

- 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 uno de los dos 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.

# ANEXOS

## 1 VINCULACIÓN CON CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO (2012)

Proyecto	Institución	Objetivo
Edición del libro <i>Agua y territorio: derechos de los ciudadanos y organización administrativa.</i>	Colegio de México (COLMEX)	Organizar foros académicos y producir una publicación.
Mantenimiento y seguimiento de la vitrina tecnológica BIOTROP, en la escuela secundaria No. 2 de Cuernavaca (segunda etapa).	Centre de Recherche Industrielle de Québec	Realizar trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo en la vitrina tecnológica BIOTROP.
Pruebas experimentales para el desarrollo de una tecnología de tratamiento de residuos de granjas porcícolas IMTA-CRIQ (cuarta etapa).	Centre de Recherche Industrielle de Québec	Validar el funcionamiento y eficiencia, a escala real, del sistema de tratamiento para agua residual de granja porcina desarrollado conjuntamente por el IMTA y el CRIQ.
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, clase II, en aproximadamente 50 km de circuitos dentro de la zona con hundimientos del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California, para completar la segunda nivelación.
<i>Vital and Viable Services for Natural</i>	Comisión de las comunidades	Concluir el estudio de factibilidad y la evaluación económica de las áreas

<i>Resource Management in Latin America.</i>	europas y Universidad Agraria de Viena.	seleccionadas.
Portafolio de medidas de adaptación al cambio climático, en el escurrimiento superficial de las regiones hidrológico administrativas de México.	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.	Identificar un conjunto de medidas de adaptación a implementar ante cambio climático, mediante la evaluación del escurrimiento superficial proyectado al 2030 en las cuencas hidrológicas de México, considerando las anomalías de precipitación y temperatura incluidas en los escenarios climáticos.
Red de estaciones agroclimatológicas en las principales regiones agropecuarias del estado de Morelos (operación y calibración de redes de estaciones agroclimatológicas); 2011-2012.	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.	Mantener la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos funcionando, para obtener información meteorológica en tiempo real.
Sistema de registro de datos climatológicos en el estado de Morelos (2012-2013).	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.	Generar una base de datos climatológicos que orienten en la planeación y toma de decisiones para el fortalecimiento de los sistemas producto del estado de Morelos.
Determinación del estado de salud e indicadores biológicos para la evaluación de la recuperación del río Apatlaco.	Instituto Politécnico Nacional.	Evaluación del estado actual de la calidad del agua y sedimentos del río Apatlaco, mediante determinaciones fisicoquímicas.
<i>Paleotempestology of the Caribbean Region: a Multiproxy, multi-site Study of the Spatial Temporal Variability</i>	Louisiana State University.	Integración y análisis climático de la información de diferentes variables de diferentes sitios de la ocurrencia de huracanes en el Caribe. Promoción de los estudios paleoclimatológicos en México y el Caribe.

<i>of Caribbean Hurricane Activity.</i>		
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 correspondiente a los posgrados en Ingeniería Hidráulica y Ambiental.
Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.	Universidad Nacional Autónoma de México.	Instalar y dejar operando el equipo de cromatografía adquirido para el proyecto.

## 2 ADMINISTRACIÓN

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

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

<b>INGRESOS</b>	<b>MONTO</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>MONTO</b>
<b>TOTAL DE RECURSOS</b>	<b>540,743,288</b>	<b>TOTAL DE RECURSOS</b>	<b>540,743,288</b>
<b>DISPONIBILIDAD INICIAL</b>	<b>131,929,980</b>	<b>GASTO CORRIENTE</b>	<b>386,112,509</b>
<b>CORRIENTES Y DE CAPITAL</b>	<b>138,902,929</b>	SERVICIOS PERSONALES	179,410,348
VENTA DE BIENES	579,582	MATERIALES Y SUMINISTROS	19,217,472
VENTA DE SERVICIOS	133,396,141	SERVICIOS GENERALES	181,447,006
INGRESOS DIVERSOS	4,927,206	OTRAS EROGACIONES	6,037,683
<b>SUBSIDIOS Y TRANSFERENCIAS DEL GOBIERNO FEDERAL</b>	<b>269,910,379</b>	<b>INVERSIÓN FISICA</b>	<b>21,284,641</b>
SUBSIDIOS DE CAPITAL	11,140,000	BIENES MUEBLES E INMUEBLES	9,129,202
CORRIENTES	258,470,379	OBRA PÚBLICA	1,015,439
SERVICIOS PERSONALES	179,410,348	OTRAS EROGACIONES	11,140,000
MATERIALES Y SERVICIOS	79,060,031	<b>SUMA DE EGRESOS DEL AÑO</b>	<b>407,397,150</b>
INVERSIÓN FISICA	300,000	<b>DISPONIBILIDAD FINAL</b>	<b>133,346,138</b>

### 3 PROYECTOS 2012 QUE CONFORMAN ESTRATEGIAS INTEGRALES DE ATENCIÓN

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

<b>Programa para la Recuperación Ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
HC0851.7	Rehabilitación de los tramos críticos de la red de alcantarillado y el colector principal al humedal de Erongarícuaro.
HC0831.7	Evaluación integral (eficiencia, capacitación, seguimiento y apropiamiento) de humedales.
HC0853.7	Sustentabilidad de los OOAPAS ribereños.
RD0813.7	Instrumentación de prácticas de conservación de microcuencas.
TH0819.7	Balance hídrico y capacitación en la infraestructura de monitoreo.
HC0835.7	Coordinación técnica del Programa, sistematización de la experiencia y difusión

<b>Planes regionales</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
TH1018.3	Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológico-administrativas.
DP1246.3	Elaboración de los Planes de Gestión Integral de las cuencas de los ríos Cintalapa-La Venta, Huixtla y San Nicolás, en el estado de Chiapas.

<b>Cambio climático</b>	
<b>Clave</b>	<b>Nombre del proyecto</b>
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.
TH1204.1	Priorización de un portafolio de medidas de adaptación al cambio climático para el sector hídrico.
TH1213.2	Nuevas tecnologías para prevención y análisis de inundaciones.
CP1128.5	Vulnerabilidad social y construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático. Una propuesta con enfoque de género en Yucatán.
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.
TH0806.7	<i>Paleotempestology of the Caribbean Region: a Multiproxy, multi-site Study of the Spatial Temporal Variability of Caribbean Hurricane Activity.</i>
TH0927.6	Postularse como Punto Nacional de Contacto Sectorial en el área prioritaria de Medio Ambiente y Cambio Climático.
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.
TH1214.4	Posibles impactos de cambio climático en la disponibilidad de agua en México.
TH1229.3	Portafolio de medidas de adaptación al cambio climático, en el escurrimiento superficial de las regiones hidrológico-administrativas de México.

# 4 CATÁLOGO DE PROYECTOS (DICIEMBRE 2012)

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**  
**CATÁLOGO DE PROYECTOS 2012 (diciembre)**

<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>
CP1202.1 Orientaciones de política hídrica 2012-2019.
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.
HC1210.1 Recursos, problemas y retos hídricos en México.
RD1210.1 Impacto del cambio climático en el ensalitramiento de los suelos en un distrito de riego.
TC1208.1 Estrategia para la aplicación de la norma de caudal ambiental hacia un

enfoque adaptativo al cambio climático y al riesgo ambiental.
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.
CP1239.3 Construcción de indicadores para alimentar el Módulo 2 de Monitoreo, Evaluación y Seguimiento del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
DP1144.3 Estudio socioeconómico del proyecto Rehabilitación, Ampliación y Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Antonio de los Buenos, municipio Tijuana, Baja California.
DP1224.3 Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua 2012.
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.
DP1245.3 Estudio jurídico-tarifario para la Administración Directa de Obras y Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Oaxaca.
DP1246.3 Elaboración de los Planes de Gestión Integral de las cuencas de los ríos: Cintalapa-La Venta, Huixtla y San Nicolás, en el estado de Chiapas.
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 Diagnóstico y Planeación Integral de la Junta de Aguas y Drenaje de la Ciudad de Matamoros, Tamaulipas.
HC1136.2 Estudio simplificado de la situación y diagnóstico de modernización del área comercial de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, Chihuahua.
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.
HC1141.2 Estudio simplificado de la situación de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Nuevo Casas Grandes, 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.
HC1216.3 Apoyo y supervisión en el mejoramiento de la medición en infraestructura hidroagrícola en obras de toma de presas de almacenamiento y canales de los distritos de riego: 005 Delicias, 006 Palestina, 010 Culiacán-Humaya, 011 Alto Río Lerma, 013 Estado de Jalisco, 014 Río Colorado, 016 Estado de Morelos, 017 Región Lagunera, 020 Morelia-Queréndaro, 025 Bajo Río Bravo, 030 Valsequillo, 034 Estado de Zacatecas, 038 Río Mayo, 042 Buenaventura, 045 Tuxpan, 052 Estado de Durango, 063 Guasave, 074 Mocerito, 075 Río Fuerte, 076 Valle del Carrizo, 085 La Begoña, 089 El Carmen, 090 Bajo Río Conchos, 093 Tomatlán, 097 Lázaro Cárdenas, 103 Río Florido, 108 Elota-Piactla, 109 San Lorenzo.

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.
HC1232.4 Sistemas de información para incentivar el cobro-pago del agua.
HC1235.3 Programa para el manejo Integral de Agua Pluvial de la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo.
HC1237.3 Análisis de las fallas en líneas de conducción abastecidas por el acueducto Conejos Médanos en ciudad Juárez.
HC1240.3 Diagnóstico y proyecto ejecutivo del área comercial de la junta municipal de agua y saneamiento de Delicias, Chihuahua.
HC1241.3 Mantenimiento correctivo y caracterización de molinetes.
HC1245.3 Supervisión de las acciones de modernización del área comercial de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua.
HC1246.3 Balance hidráulico en el acueducto presa El Carrizo a la planta potabilizadora El Florido, municipio de Tijuana, B.C.
HC1248.3 Estudio de medición y control, mediante la evaluación de la instrumentación instalada para el monitoreo estructural en 12 presas de utilidad hidroagrícola, 2012.
HC1249.3 Diagnóstico simplificado de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado en las cabeceras municipales de Othón P. Blanco (Chetumal), solidaridad (Playa del Carmen), Cozumel y Tulum.
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> No. IDP 210-09/09.
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 D.R. 025, Bajo Río bravo, Tamaulipas.
RD1218.3 Instrumentación de la medición y operación de la tubería de gasto ecológico del proyecto hidroeléctrico Zongolica.
RD1219.3 Instalación y seguimiento de módulos demostrativos de drenaje agrícola en el ámbito de influencia de los Distritos de Temporal tecnificado No. 017 Tapachula, 018, Huixtla y 020 Margaritas-Pijijiapan, Chiapas.
RD1220.3 Actualización del Plan Director para la Modernización Integral del Módulo de Riego I) Valle de Banderas, II) margen izquierda del río Santiago, III) margen derecha del río Santiago y IV) margen derecha del río San Pedro del distrito de riego 043, estado de Nayarit.
RD1221.3 Actualizar el sistema informático de estadísticas agrícolas e hidrométricas (SISTAG-CNA), para su consolidación en los distritos de riego.
RD1222.3 Promoción para la organización empresarial en unidades de riego.
RD1223.3 Aprovechamiento de las aguas residuales del ingenio Plan de San Luis en un humedal artificial ubicado en la parte norte de la zona de abasto del ingenio.
RD1224.3 Elaborar el inventario, registro y caracterización de unidades de riego con cobertura de 11,428 hectáreas en el estado de Zacatecas.
RD1225.3 Reglamentar la operación y elaborar el Plan Director para rehabilitar y modernizar un grupo de unidades de riego en el estado de Durango.
RD1226.3 Reglamentar la operación y elaborar el Plan Director para rehabilitar y modernizar un grupo de unidades de riego en el estado de Jalisco.
RD1227.3 Reglamentar la operación y elaborar el Plan Director para rehabilitar y modernizar un grupo de unidades de riego en el estado de Zacatecas.
RD1228.3 Propuesta de modernización de la infraestructura de conducción en la unidad de riego San Francisco de Conchos, Chihuahua.
RD1229.3 Plan de acciones para el uso sustentable del agua de riego y la productividad del módulo de riego IV-I, D.R. 010 Culiacán Humaya, Sinaloa.
RD1231.3 Riego presurizado con uso de energía renovable.
RD1232.3 Desarrollo y transferencia de tecnología propia para la operación del Módulo Santa Rosa, DR 075, Valle del Fuerte, Sinaloa.
RD1233.3 Estudio técnico-económico de las acciones del Programa de Desarrollo Parcelario en el ejercicio 2010.

RD1234.3 Estudio técnico-económico de las acciones del Programa Rehabilitación, Modernización y Equipamiento de Distritos de Riego, en su componente de equipamiento en el ejercicio 2011.
RD1235.3 Estudio técnico-económico de las acciones del Programa Rehabilitación, Modernización y Equipamiento de Distritos de Riego, en su componente de devolución de pagos por suministro de agua en bloque en el ejercicio 2011.
RD1236.3 Estudio de monitoreo en tiempo real de la administración, ejecución y seguimiento de obra y maquinaria, mediante la implantación de una aplicación de conservación en el Módulo 4 del D.R 061, Zamora, Michoacán.
RD1237.3 Estudio de factibilidad técnica y económica del canal Nayarit.
RD1238.3 Desarrollo de un portafolio priorizado de medidas de adaptación públicas, identificadas para el sector agrícola.
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.
TC1229.3 Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales, Sabritas Vallejo, México, DF.
TC1230.1 Monitoreo de playas prioritarias.
TC1235.3 Actualización del dictamen de factibilidad ambiental del proyecto hidroeléctrico La Yesca, ubicado en los estados de Jalisco y Nayarit.
TC1236.3 Dictamen de factibilidad ambiental del proyecto hidroeléctrico Chicoasén II, ubicado en el estado de Chiapas.

TC1237.3 Programa de Monitoreo de las Condiciones Ambientales en la Laguna Valle de las Garzas, Laguna San Pedrito y Laguna Cuyutlán, Manzanillo, Colima.
TH0819.7 Balance hídrico y capacitación en la infraestructura de monitoreo.
TH1018.3 Planeación regional para la sustentabilidad hídrica en el mediano y largo plazos en las regiones hidrológico-administrativas.
TH1022.7 Desarrollo e implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad con base en la Norma ISO 9001:2008, para la operación de las estaciones agroclimáticas de las fundaciones Produce, en el ámbito nacional.
TH1128.3 Actualización del sistema de información geográfica de cantidad del agua e información ambiental en la costa del Pacífico, que comprende las subregiones hidrológicas costa de Jalisco, Armería-Coahuayana, Costa de Michoacán, Costa Grande de Guerrero, Costa Chica de Guerrero, Costa de Oaxaca, Tehuantepec y Costa de Chiapas.
TH1211.3 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.
TH1216.3 Evaluación hidrogeológica de pozos y acuífero para el abastecimiento de agua a la empresa Patron Spirits México.
TH1220.3 Revisión anual 2012 de los aspectos técnicos del inciso I) de la cláusula sexta de compromisos de las partes del Convenio de Coordinación y Concertación que celebraron el Ejecutivo Federal y los ejecutivos de los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, y los representantes de los usuarios de los usos público urbano, pecuario, agrícola, industrial, acuícola y servicios, para llevar a cabo el Programa sobre la Disponibilidad, Distribución y Usos de las Aguas Superficiales de Propiedad Nacional del Área Geográfica Lerma-Chapala.
TH1227.3 Identificación de nuevas fuentes de abastecimiento para la empresa Patrón Spirits México.
TH1229.3 Portafolio de medidas de adaptación al cambio climático en el escurrimiento superficial de las regiones hidrológico-administrativas de México.
TH1230.3 Desarrollo de un portafolio de medidas de adaptación públicas, identificadas para el sector hídrico.

<b>Programa de Fortalecimiento de la Cultura del Agua</b>
<p>EJES PLAN NACIONAL DE DESARROLLO:</p> <p>Eje 2. Economía competitiva y generadora de empleos</p> <p>Eje 4. Sustentabilidad ambiental</p>
<p>PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (Objetivos Rectores):</p> <p>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</p> <p>Objetivo 8. Crear una cultura contributiva y de cumplimiento a la Ley de Aguas Nacionales en materia administrativa</p>
<p>OBJETIVOS RECTORES IMTA:</p> <p>OR2. Incorporar al sector hídrico en la sociedad del conocimiento</p>
<b>Proyectos con recursos fiscales</b>
CP1205.1 Diagnóstico de publicaciones relacionadas con el agua (México 1986-2011).
CP1206.1 Programa editorial del IMTA.
CP1207.1 Diseño y producción gráfica de materiales de difusión y divulgación.
CP1208.1 Edición de la revista <i>Tecnología y Ciencias del Agua</i> .
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, <i>El Agua en la Sociedad del Conocimiento</i> , 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.
HC1203.1 Red de institutos nacionales iberoamericanos de ingeniería e investigación hidráulica.
<b>Proyectos con ingresos propios</b>
CA1201.6 Creación y fortalecimiento de la Oficina de Transferencia de Conocimiento del Instituto, Fase de Precertificación.
CP1128.5 Vulnerabilidad social y construcción de capacidades para la adaptación al cambio climático. Una propuesta con enfoque de género en Yucatán.
CP1236.3 Producción de materiales de difusión para el IV Coloquio Jurídico Internacional del Agua 2012 Reflexiones para Mejorar el Marco Jurídico de la Administración del Agua.
DP1135.3 Formación del Centro de Evaluación (CE) de Competencias Laborales en la CEA-BC.
DP1225.3 Formación de personal de los Espacios de Cultura del Agua, seguimiento y evaluación; elaboración de material didáctico y asesoría técnica para el proyecto Museo del Agua de Durango.
DP1233.3 Elaboración de tres estándares de competencia e instrumentos de evaluación en temas energéticos.
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.
HC1233.6 Estudio de riesgos de inundaciones en zonas urbanas de la república mexicana.
HC1295.3 Ingresos propios de caracterización de molinetes de particulares y evaluación de equipos.
RD0813.7 Instrumentación de prácticas de conservación de microcuencas.
RD1130.2 Foros regionales de difusión e intercambio de conocimientos, tecnología e innovación en materia de manejo y uso sustentable del agua y recursos asociados.

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.
TH0927.6 Postularse como Punto Nacional de Contacto Sectorial en el área prioritaria de Medio Ambiente y Cambio Climático.
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.
TH1214.4 Posibles Impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México.

<b>Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Hídrico</b>
<p>EJES PLAN NACIONAL DE DESARROLLO:</p> <p>Eje 2. Economía competitiva y generadora de empleos</p> <p>Eje 3. Igualdad de oportunidades</p> <p>Eje 4. Sustentabilidad ambiental</p>
<p>PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (Objetivos Rectores):</p> <p>Objetivo 1. Mejorar la productividad del agua en el Sector Agrícola</p> <p>Objetivo 2. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento</p> <p>Objetivo 6. Prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos</p>
<p>OBJETIVOS RECTORES IMTA:</p> <p>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</p>
<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 IMTA-CRIQ.
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.
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).
TC1223.1 Evaluación de diferentes procesos de tratamiento para la remoción de colorantes sintéticos utilizados en la industria textil.
TH1201.1 Corrección estadística (MOS) del pronóstico atmosférico del modelo WRF.
TH1213.2 Nuevas tecnologías para prevención y análisis de inundaciones.
<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 Zapotillo, en el río verde, Yahualica de González Gallo, Jalisco (segunda etapa).
HC1217.3 Estudio de evaluación de lluvia-escurrimiento y campaña de aforos en la cuenca transfronteriza del río Hondo.
HC1238.3 Análisis hidráulico de la red de distribución de agua potable de Hidalgo del Parral, Chihuahua.
HC1239.3 Estudio para la implementación de sectores hidráulicos en la ciudad de Jalapa, Veracruz.
HC1243.3 Estudio en modelo físico del vertedor de la presa de almacenamiento el Túnel, municipio de Axochiapan, Morelos.
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 de Villa Comaltitlán, Chiapas, en el predio Ranchería Santana 1ra. Sección, municipio de Cárdenas, Tabasco, y en el predio Rancho Hulefante, municipio de Las Choapas, estado de Veracruz.
RD1127.2 Transferencia de tecnología de drenaje, en el predio Zitihualt, municipio de Villa Comatitlán, Chiapas, y La Herradura, municipio de Palenque, Chiapas.
RD1128.2 Transferencia de tecnología en prácticas de conservación, en el predio Zitihualt, municipio de villa Comatitlán, Chiapas., en el predio La Herradura, municipio de palenque, Chiapas., en el predio Ranchería Santana 1ra. Sección, municipio de Cárdenas, Tabasco, y en el predio El Hulefante, municipio de Las Choapas, estado de Veracruz.
RD1129.2 Transferencia de tecnología en caminos de saca cosecha, en el predio Zitihualt, municipio de villa Comatitlán, Chiapas, y La Herradura, municipio de Palenque, Chiapas.
RD1132.2 Diseño y adaptación de tecnología para la construcción de caminos saca cosecha.
RD1239.3 Tecnologías para la conservación de suelo y agua en palma de aceite ( <i>Elaeisis guineensis</i> ) en producción.

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.
TC1041.5 Recuperación de purgas provenientes de torres de enfriamiento, sistemas de generación de vapor y UDAS, propuesta para Pemex-Gas.
TC1109.7 Filtración de aguas residuales con contaminantes recalcitrantes para remoción de macronutrientes.
TC1125.4 Mantenimiento y seguimiento de la vitrina tecnológica BIOTROP en la escuela secundaria No. 2 de Cuernavaca, Morelos.
TH0806.7 <i>Paleotempestology of the Caribbean Region: a Multiproxy, multi-site Study of the Spatial Temporal Variability of Caribbean Hurricane Activity.</i>
TH1112.5 Métodos alternativos para calcular la recarga, en acuíferos poco explotados, utilizando imágenes de satélite, mediciones in situ y modelos digitales.
TH1116.6 Origen y distribución vertical de las concentraciones de arsénico, en el acuífero principal de la Comarca Lagunera.
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>
TH1212.3 Procesamiento de información estadística del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales, años 2010 y 2011.
TH1215.3 Automatización para elaborar mapas de alertamiento por frentes fríos y nortes.
TH1217.3 Determinación y procesamiento estadístico de matrices de costos durante inundaciones.
TH1218.4 Determinación del estado de salud e indicadores biológicos para la evaluación de la recuperación del río Apatlaco.
TH1225.4 Sistema de registro de datos climatológicos en el estado de Morelos (2012-2013).
TH1228.3 Estudio para realizar el análisis geoquímico e isotópico del agua mediante la toma de muestras de agua en el pozo profundo exploratorio San Lorenzo Tezonco.

<b>Programa de Formación de Recursos Humanos</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 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.
DP1221.1 Capacitación en el programa Del Potencial de Conflicto al Potencial de Cooperación, del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO.
DP1230.1 Certificación de competencia laboral en el sector agua.
HC1202.1 Posgrado conjunto IMTA-UNAM.
HC1211.1 Videotutoriales autodidácticos en línea para modelar redes de distribución de agua potable y alcantarillado
<b>Proyectos con ingresos propios</b>
CP0925.7 <i>Vital and Viable Services for Natural Resource Management in Latin America.</i>
DP0520.6 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.
DP1214.3 Incrementar la capacitación y formación de los recursos humanos de la Comisión Nacional del Agua en todo el país.
DP1232.3 Formación del Centro de Evaluación (CE) de competencias laborales en la CEA-BC 2012.
DP1234.3 Programa de capacitación con base en estándares de competencia laboral para la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa.
HC1214.2 Fortalecer la formación de recursos humanos, en los campos del conocimiento en Ingeniería Ambiental/Agua, Ingeniería Civil/Hidráulica, en lo correspondiente a lo que se imparte en el Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería de la UNAM, Campus Morelos.
TC1233.4 Curso internacional sobre sistemas naturales de tratamiento de aguas y lodos residuales, su reúso y aprovechamiento.
TH0534.5 Maestría y doctorado en Hidrometeorología y Meteorología Operativa del posgrado en Ciencias del Agua (etapa cuatro de cuatro).
TH1226.4 Capacitación de técnicos en la operación de redes agrometeorológicas e implementación de un protocolo de gestión de calidad (2012-2013).