

## Resultados relevantes

### Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

## Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático

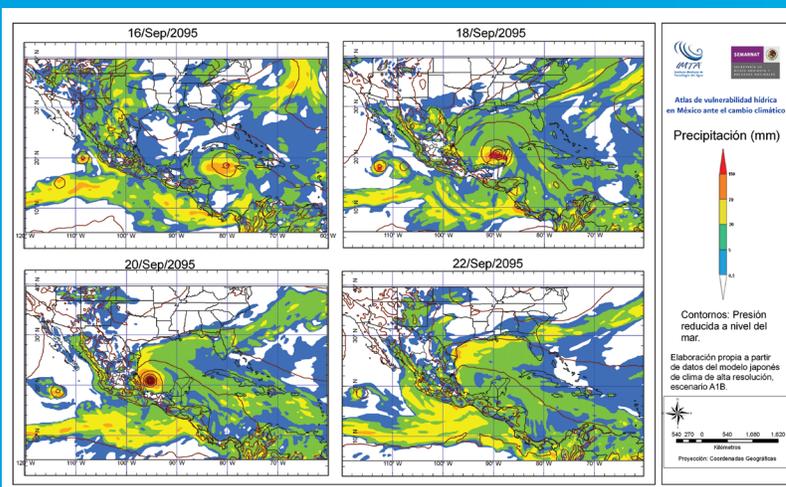
El IMTA ha efectuado diversas investigaciones relacionadas con los efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México tales como el impacto de lluvias ciclónicas, la disponibilidad de los recursos hídricos, la calidad del agua, los efectos en la agricultura y los aspectos sociales relacionados con todo ello, entre otras.

Esta información contenida en el *Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático*, editado por el Instituto, será un valioso instrumento para los tomadores de decisiones y diseñadores de políticas públicas.

A continuación, se presenta una síntesis de la temática analizada:

### Lluvias ciclónicas

Se realizaron análisis de lluvias ocasionadas por el ingreso al país de ciclones tropicales en años



Variaciones en la precipitación obtenidos con el modelo japonés de alta resolución.

recientes, también se efectuaron estimaciones basadas en proyecciones de los posibles efectos del cambio climático para periodos seleccionados del siglo XXI.

A través de las simulaciones de clima de alta resolución, se estima que el cambio climático ocasionará modificaciones considerables a los regímenes de precipitación sobre el país, así como a la intensidad y variabilidad con que se presentan los ciclones tropicales en los océanos que rodean a México.

Por estos motivos, es necesario tomar medidas de adaptación que permitan afrontar de manera adecuada las amenazas de fenómenos extremos de precipitación. Los investigadores del IMTA consideran que la mayoría de las medidas que se pueden tomar para este fin consisten en reducir la vulnerabilidad de la población ante tales eventos, incluyendo la construcción de infraestructura hidráulica de protección.

## Aguas superficiales

Se usó un modelo lluvia-escorrentamiento para conocer la proporción y el lugar en que se verían reducidos los recursos hídricos y también para analizar cómo afecta, este cambio climático, a las distintas componentes y almacenamientos de agua.

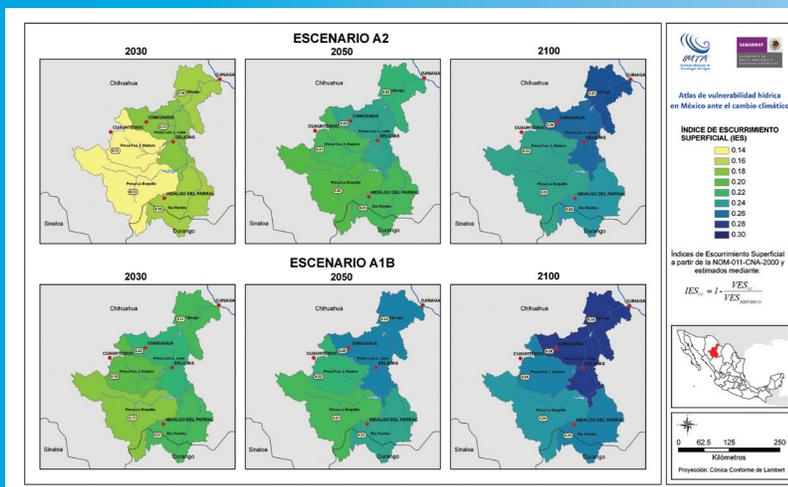
Para este estudio se seleccionaron tres cuencas en diferentes regiones geográficas para evaluar el cambio en el escurrimiento bajo diversos escenarios

de calentamiento global y determinar su grado de vulnerabilidad hídrica: la cuenca del río Conchos, la cuenca del río Grijalva (hasta la presa Peñitas) y la cuenca Lerma-Chapala.

Para la precipitación se estimaron 23 modelos atmosféricos de circulación general, en una malla regular de 0.5° x 0.5°, se consideraron los dos escenarios de cambio climático más probables (A1B y A2) y tres horizontes de tiempo (2030, 2050 y 2100). A partir de la precipitación futura, se calculó el escurrimiento superficial. El mapeo de la vulnerabilidad hídrica global se realizó con base en la definición tipológica del Panel Intergubernamental del Cambio Climático que considera el grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. El grado de exposición se determinó a partir del Índice de Escurrimiento Superficial, el cual cuantifica el cambio en volumen de escurrimiento superficial anual ante el cambio climático relativo al escurrimiento histórico. La sensibilidad se determinó a partir de la densidad de la población municipal. La capacidad de adaptación se calculó a partir del Índice de Marginación Social y del grado de explotación en los acuíferos.

Todo esto permitió estimar que, por ejemplo, la parte baja de la cuenca del río Conchos sufrirá las mayores disminuciones en el escurrimiento, mientras que la región más vulnerable será la zona aledaña a la ciudad de Chihuahua y las zonas altas de temporal (Escenario A1B).

Índices de escurrimiento en la cuenca del río Conchos.



## Vulnerabilidad de los sistemas sociales en México

Dentro de las actividades del proyecto, los expertos del IMTA también realizaron el marco conceptual sobre vulnerabilidad social ante el cambio climático. Se diseñó, calibró y ajustó un índice de vulnerabilidad social a nivel nacional, construido mediante variables de cinco grandes rubros socioeconómicos: población, vivienda, salud, empleo y educación, obtenidas de diversas fuentes. Este indicador permite conocer las localidades y municipios más vulnerables socialmente y que, por ello, están propensos a las afectaciones motivadas por el cambio climático.

El indicador se aplicó usando las bases de datos relativas al *Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático*, lo cual permitió la interacción entre factores meteorológicos y sociales.

En síntesis, el *Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático* posibilita la identificación de áreas vulnerables con el fin de implementar políticas y acciones de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático en los recursos hídricos; contar con escenarios prospectivos que orienten la planeación urbana, las producciones industrial y agrícola en los estados y municipios; la seguridad hídrica, así como enriquecer el conocimiento de la población en cuanto a estos efectos y sus repercusiones en los sistemas sociales y ambientales.

## Calidad del agua y políticas públicas

En este proyecto, financiado por la embajada británica en México, los especialistas del IMTA analizaron los

principales impactos negativos que el sector agua deberá enfrentar, y propusieron una serie de políticas públicas que deberán implementarse para reducir dichos efectos.

En 2010 se continuó con la evaluación del incremento en la temperatura de los cuerpos de agua en México, que conlleva a una reducción en la capacidad de disolución del oxígeno, problema que puede llegar a presentar mayor gravedad en sitios ya impactados ya sea por la falta de saneamiento o la eutroficación. Para avanzar en la cuantificación de los efectos se desarrolló una metodología soportada en el análisis estadístico de las bases de datos climatológicas y de calidad del agua de la CONAGUA, que se transfirió a través de un seminario realizado en los 18 estados seleccionados de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (INE), donde se desarrollan los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC). Asimismo, la metodología se transfirió mediante un taller a 22 organizaciones, entre las que se encuentran organismos operadores y comisiones estatales de agua y medio ambiente.

Se ha realizado la primera reunión con la CONAGUA y el INE para la recomendación de políticas públicas, definir su dirección y características, y establecer las modificaciones que se propondrán a la Ley de Aguas Nacionales.

Estación	Promedio anual		Variación	
	(1975-1990)	(1991-2007)	°C	%
Catemaco	23,92	27,21	3,29	14%
Lago de Chapala	22,58	22,73	0,15	1%
Emiliano López Zamora	19,58	20,75	1,17	6%
Derivadora Morelos	21,52	22,16	0,64	3%
Presas El Carrizal	21,83	22,48	0,65	3%

Resultados obtenidos para cinco sitios seleccionados.

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

El IMTA forma parte de una plataforma de enlace entre Puntos Nacionales de Contacto Sectorial (PNCS), creada para mantener un mapeo de las capacidades científicas y tecnológicas nacionales y promover la articulación de redes de cooperación tecnológica con diversos actores relacionados con el tema de medio ambiente y cambio climático, entre ellos: la comunidad científica y tecnológica internacional, empresas, centros de investigación, instituciones de educación superior, cámaras y asociaciones, entre otros.

Como parte de sus actividades, el Instituto generó diversos mecanismos de promoción y difusión; una

página web que funciona como el portal del PNCS en el tema “Medio Ambiente y Cambio Climático” (<http://pncs.imta.gob.mx/>); un mapeo del padrón de instituciones y empresas que trabajan con el tema mencionado, en los ámbitos nacional e internacional; la participación en jornadas informativas organizadas por el Instituto de los Mexicanos en el Exterior de la Secretaría de Relaciones Exteriores, así como en la organización de talleres en el tema “Agua, Medio Ambiente y Cambio Climático”, dentro del VII Programa Marco de Cooperación con la Unión Europea.

De esta forma, el IMTA se constituye como uno de los actores principales en la promoción y generación de redes de conocimiento en materia de cambio climático.

## Transferencia de tecnología para la aplicación de la información de las estaciones agroclimáticas y consolidación de la red estatal del estado de Guerrero

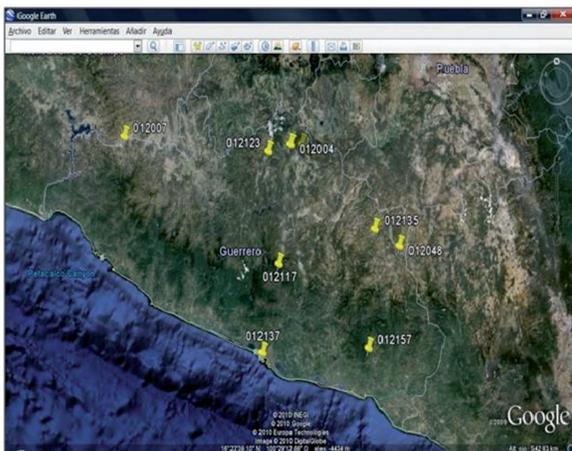
Para determinar las tendencias del cambio climático en el estado de Guerrero, los investigadores del IMTA aplicaron, a 236 estaciones climatológicas, una metodología elaborada por la Universidad de East Anglia, Reino Unido, para el análisis de control de



Página web del Punto Nacional de Contacto Sectorial en Medio Ambiente y Cambio Climático.

calidad y homogeneidad de datos de precipitación y temperatura máxima y mínima diaria. El análisis determinó que sólo nueve estaciones son candidatas para el cálculo de los índices de cambio climático. Estos índices mostraron valores de temperatura extremos con un aumento de temperaturas esperado, de acuerdo con una tendencia positiva hacia el año 2098, principalmente sobre las regiones de Tierra Caliente y Chilpancingo.

Esta información apoyará a los tomadores de decisiones en cuanto a las medidas para mitigar las posibles afectaciones derivadas de los efectos del cambio climático.

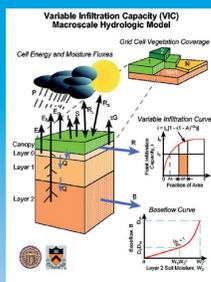


Ubicación de las nueve estaciones candidatas para el cálculo de los índices de cambio climático.

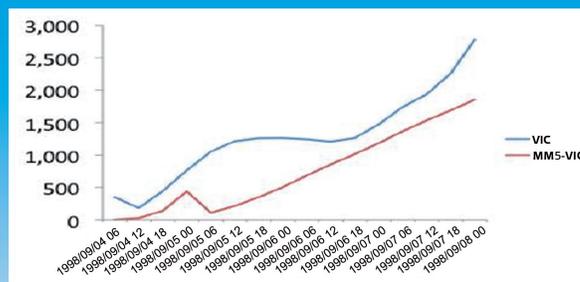
## Calibración y validación del modelo acoplado lluvia escurrimiento MM5-VIC

El IMTA desarrolla un sistema de predicción hidrometeorológica que acopla un modelo numérico de mesoescala MM5, un modelo hidrológico Variable Infiltration Capacity (VIC) y un modelo de tránsito de avenidas. El sistema acoplado MM5-VIC produce una gama de variables hidrometeorológicas que van desde precipitación y evapotranspiración hasta humedad de suelo, flujo base y escurrimiento. El flujo base y el escurrimiento obtenidos del sistema alimentan el modelo de avenidas cuya parametrización permite simular las avenidas naturales previstas.

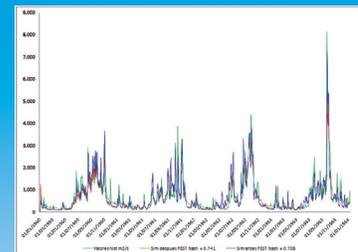
Los modelos hidrológicos superficiales requieren de un proceso de calibración que usualmente se realiza manualmente. Asimismo, para mejorar y automatizar este proceso, el Instituto desarrolló y aplicó un algoritmo de calibración automática, el cual fue acoplado al modelo VIC en la cuenca del río Grijalva



Esquema del modelo VIC.



Resultados simulados para un evento extremo antes de la calibración.



Simulación antes y después de la calibración.

utilizando datos de escurrimiento naturalizados del periodo 1950-1959. El proceso se realiza a partir de datos diarios, simulados y observados en la estación Las Peñitas, localizada aguas abajo de la presa del mismo nombre. Con este método de optimización se logró una buena calibración de calidad.

Mediante esta herramienta, se puede anticipar la ocurrencia de avenidas y así prevenir a la población que pudiera resultar afectada.

## Caracterización toxicológica de la calidad del agua en la cuenca alta del río Lerma

Para caracterizar la calidad del agua en la cuenca alta del río Lerma, los especialistas del IMTA, con apoyo de fondos sectoriales CONAGUA-CONACYT, aplicaron una propuesta metodológica, compuesta de tres niveles de análisis: el primero se relaciona con la aplicación de parámetros integradores, como es la evaluación toxicológica mediante pruebas con

especies subrogadas; a partir de estos resultados, las que dan efectos positivos en los organismos de prueba se analizan considerando sólo los parámetros químicos específicos (NOM-001-SEMARNAT-96) hasta llegar al nivel III de evaluación de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles especiales, considerados en la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua y Criterios Ecológicos (CCA-CE-001/86).

Como resultado se obtuvo la caracterización de la calidad del agua en 15 sitios del cauce principal del río Lerma y en 44 sitios ubicados en colectores de parques industriales, descargas municipales, plantas de tratamiento e influentes del río Lerma.

Esta información permitirá dar sustento a las acciones de mejoramiento o preservación de la calidad del agua en dicho río, toda vez que a partir de la integración de la información fisicoquímica, toxicológica y la determinación de compuestos no convencionales, ha sido posible definir la relevancia de cada una de las dos fuentes principales de contaminantes (municipales e industriales) localizadas en la cuenca alta. Asimismo, se identificó el sector más afectado y los factores involucrados en el deterioro de la calidad del agua para, proponer las alternativas tecnológicas para lograr su recuperación y perfilar estrategias dirigidas a su adecuado manejo.



Tratamiento de aireación para el análisis de reducción de toxicidad con *Vibrio fischeri*.

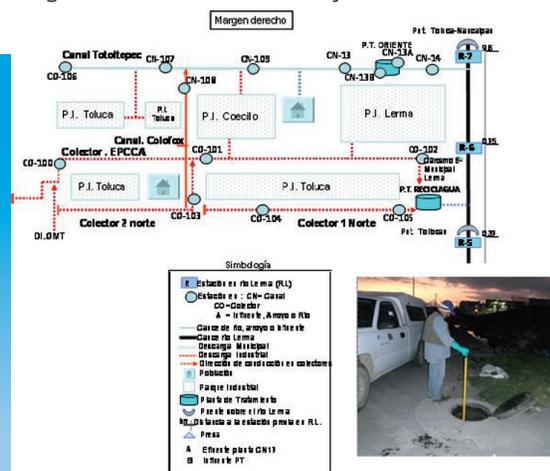


Diagrama de sitios de muestreo en Parques Industriales (PI), colectores (CO) y descargas industriales (DI) en la cuenca alta del río Lerma.

# Aplicación de herramientas biológicas y toxicológicas integradoras para determinar la salud de un ecosistema acuático, en agua y sedimentos

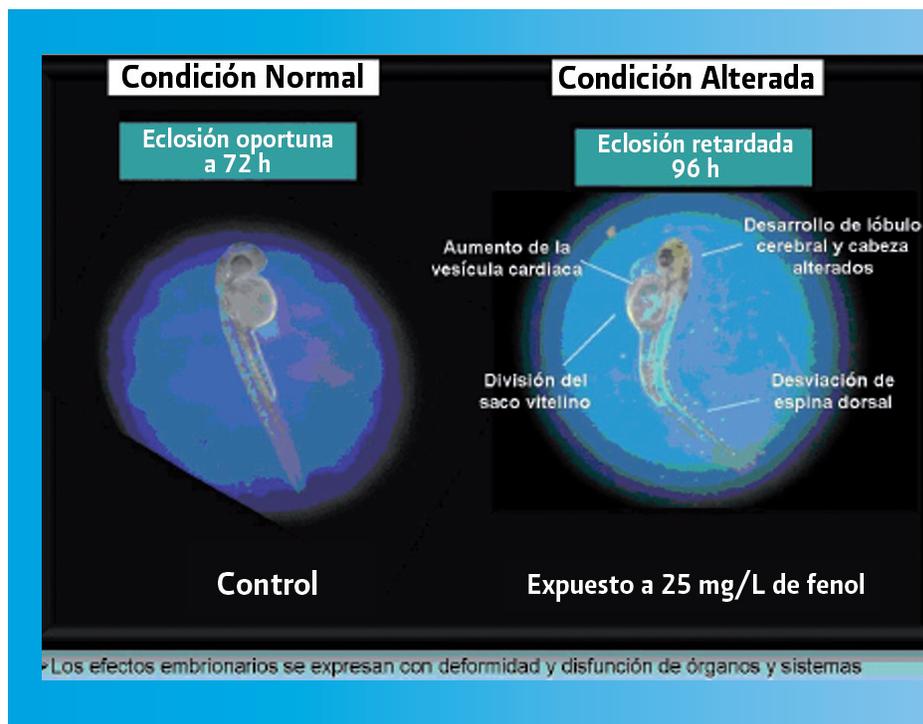
En el marco de este proyecto, el IMTA desarrolla y adapta en laboratorio métodos biológicos para la detección de toxicidad y efectos con pez cebra, así como para la evaluación in situ con microalgas y cladóceros.

Mediante el desarrollo y empleo de herramientas biológicas y toxicológicas, se determina la salud de un ecosistema acuático y se prueba la eficiencia de

estas herramientas en las áreas afectadas, a fin de contar con indicadores biológicos que evidencien el deterioro de la calidad del agua en una cuenca o la recuperación de la misma por acciones de saneamiento.

Los resultados contemplan la obtención de la carta control para la prueba de mortalidad con alevines del pez cebra y para el efecto en desarrollo con embriones, los cuales son útiles en la detección de contaminantes emergentes, así como evidencia de los daños en su desarrollo, a niveles funcional y estructural, con base en evaluaciones iniciales con contaminantes diversos.

En el rubro de desarrollos tecnológicos, el IMTA obtuvo el registro ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor del *Paquete de protocolos de prueba adecuados al sistema de gestión de la calidad que rige en laboratorios acreditados, para el desarrollo de pruebas de toxicidad aguda con Daphnia magna.*



Evidencias del daño por tóxico de referencia (fenol) en el desarrollo embrionario del pez cebra.

## ***Ahorro de agua mediante recuperación de purgas en torres de enfriamiento a través de la eliminación de sílice***

Especialistas del IMTA, con apoyo del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía (CFE-CONACYT), evaluaron el proceso de electrocoagulación como alternativa para eliminar sílice, elemento limitante para el reúso del agua en torres de enfriamiento.

La adecuada selección del material para la construcción del reactor, así como la determinación de los parámetros del proceso (densidad de corriente y área electroactiva), permitirán avanzar en el escalamiento del sistema requerido para su aplicación en los sistemas reales, donde la aplicación de esta tecnología presenta ventajas interesantes en la recuperación de importantes volúmenes de agua



Prototipo de reactor electroquímico para electrocoagulación.

en comparación con las tecnologías convencionales. La evidencia experimental indica que, además de la dosis, se debe controlar el tiempo de residencia dentro del reactor para disminuir la pasivación de los electrodos.

Las pruebas realizadas a escala piloto con el agua de torres de enfriamiento, comprobaron que el sistema es viable al obtenerse una eliminación de sílice en una proporción de uno a uno con respecto al aluminio producido.

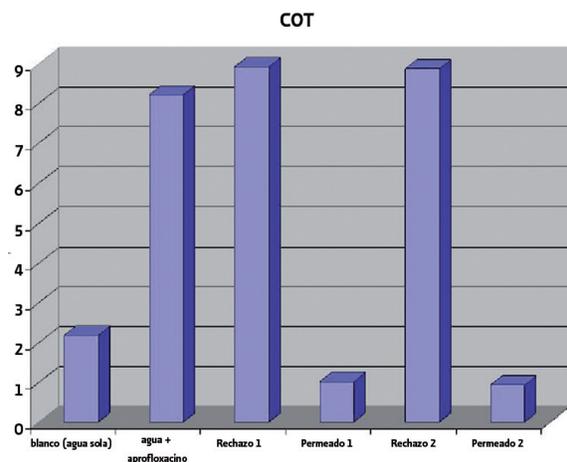
El proyecto sigue en ejecución de acuerdo con los resultados hasta ahora obtenidos, hay posibilidades de que esta alternativa pueda aplicarse para alcanzar ahorros de agua del orden de los 300,000 m<sup>3</sup> al mes, que representa un ahorro de 40% con respecto al consumo actual y un ahorro económico cercano al 10 por ciento.

## ***Remoción de contaminantes emergentes de importancia ambiental y sanitaria***

Las descargas industriales y domiciliarias constituyen fuentes importantes de liberación de contaminantes emergentes al ambiente, incluyendo detergentes, blanqueadores, bloqueadores solares, suavizantes, fragancias, champús y demás artículos para el cuidado personal, así como fármacos, drogas no permitidas, plastificantes, propelentes y retardantes para fuego. Estos contaminantes o sus metabolitos no siempre se degradan o eliminan totalmente en plantas de tratamiento, lo que impacta la calidad del agua que se abastece para uso y consumo humano.

Como propuesta de solución, en el IMTA se realizaron pruebas de tratabilidad en el laboratorio de membranas, reconstituyendo agua con ciprofloxacino (concentración final de 12 mg/L), un antibiótico de la familia de las quinolonas y mediante la determinación del carbono orgánico total (COT).

Al demostrarse que con nanofiltración es factible retener esta molécula de tamaño medio 331.346 daltons, se infiere que es posible la remoción de estos contaminantes para evitar importantes riesgos a la salud, y queda establecido el tipo de tratamiento necesario.



Resultado de pruebas de remoción de ciprofloxacino mediante el uso de nanofiltración.

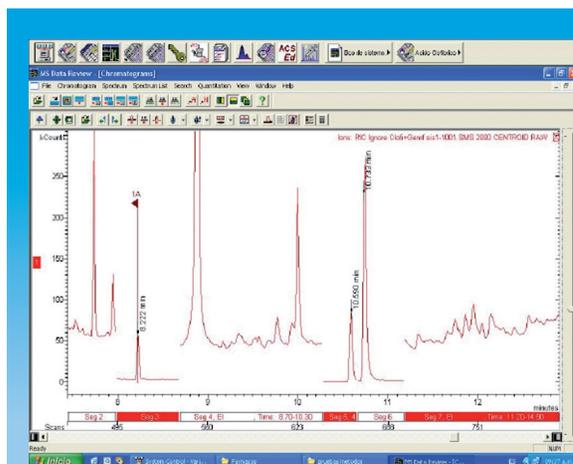
## Desarrollo de metodologías por cromatografía de gases para la identificación y cuantificación de compuestos orgánicos clorados, en aguas

## residuales industriales y municipales

Actualmente, los ecosistemas están expuestos a una gran cantidad de estresantes ambientales, lo cual ha deteriorado la calidad ambiental.

En este escenario es vital la identificación y cuantificación de algunos compuestos como el ácido clorfíbrico, principio activo usado en los medicamentos para el control del colesterol cuya producción y uso a nivel mundial es muy alto. Es un compuesto orgánico clorado que actúa como inhibidor competitivo de una de las enzimas claves en el proceso de síntesis del colesterol en el organismo. Éste y otros compuestos pueden encontrarse en efluentes industriales y municipales y sus efectos impactan en la biota y en el ecosistema.

Lo anterior impulsó al IMTA a implementar y validar metodologías por cromatografía de gases, que no se realizan en México, para permitir la identificación y cuantificación de esos compuestos. Para lo anterior, se requiere el uso de curvas de calibración obtenidas



Cromatograma con la identificación del ácido clorofibrico.

cumpliendo los criterios de aceptación establecidos, como son la cuantificación del límite de detección y la determinación de la precisión y exactitud.

Se concluye que al contar con la tecnología de identificación y cuantificación de compuestos emergentes, es posible una mejor toma de decisiones con respecto al establecimiento de límites máximos permitidos, así como en el tratamiento de este tipo de efluentes.

## ***Sistema de tratamiento anaerobio para la reducción de carga orgánica alta y acoplamiento con un sistema de pulimento para la reducción de nutrientes***

En abril de 2009 se firmó el acuerdo de cooperación (2009 al 2012), entre el IMTA y el Centro de Investigación Industrial de Quebec (CRIQ, por sus siglas en francés)), Canadá, con el objetivo de desarrollar un sistema de tratamiento anaerobio para la reducción de carga orgánica alta y acoplamiento con un sistema de pulimento para la reducción de nutrientes.

Para ello, se desarrolló, a escala de laboratorio, una tecnología acorde con el contexto socioeconómico del país, la cual permitirá tratar las aguas residuales generadas por la agroindustria de forma simple,

económica y sustentable, sin necesidad de personal altamente capacitado. El sistema está constituido por un separador de sólidos, un sistema de tratamiento anaerobio y un sistema de biofiltración sobre material filtrante orgánico. Esta tecnología está en etapa de prueba y ajuste a escala piloto en una granja porcícola de engorda (5,000 cabezas), ubicada en Jojutla, Morelos (pruebas in situ).

Entre los logros más relevantes se tienen que el efluente tratado resultó inodoro y se comprobó que es posible tratar el lodo residual proveniente de la planta mediante un proceso de vermicomposteo. El proceso, además de ser económico, permite el aprovechamiento de los lodos residuales en otras aplicaciones, por ejemplo, en la agricultura.



Planta móvil.

## ***Sistema de reúso de agua residual tratada para riego de áreas verdes***

En la Escuela Secundaria Federal Núm. 2 Francisco González Bocanegra, en Cuernavaca, Morelos, se instaló un sistema de tratamiento de aguas residuales aplicando la tecnología BIOTROP<sup>MR</sup>, desarrollada y

patentada conjuntamente entre el IMTA y el Centro de Investigación Industrial de Quebec.

El efluente cumple con las normas nacionales de descarga a cuerpos receptores (NOM-001-SEMARNAT-1996) y de reúso (NOM-003-SEMARNAT-1997).

Se iniciaron las gestiones para transferir la operación de la tecnología al Instituto de Educación Básica del Estado de Morelos, y se espera que esta tecnología se extienda a otras regiones del país.

Con dicha instalación, la escuela cuenta ahora con un sistema completamente sustentable y representa el concepto de “descarga cero”, ya que toda el agua tratada es reutilizada en sus propias instalaciones. Por otra parte, el IMTA cuenta con un sistema de operación que funciona como vitrina tecnológica.

## ***Sistema de padrón de usuarios y productores en mapa satelital (G-SIPPAD) con información georreferida***

La eficiencia en el uso del agua de riego depende en buena medida de la operación eficaz de las organizaciones de usuarios. Al respecto, el IMTA desarrolla diversas herramientas de gestión.

Ejemplo de ello es el G-SIPPAD, un sistema de información geográfica que incorpora una base de datos de usuarios y productores agrícolas, cuyas parcelas están georreferenciadas y permite, tanto en

base de datos como en imagen, editar su información. Los reportes pueden ser de texto, gráficos o imagen de satélite, desde el usuario, la sección, el ejido, el módulo y la zona, hasta el distrito de riego.

Dicha información contiene el padrón de usuarios oficiales y lo relaciona con los productores que usan la tierra. Es útil para obtener reportes georreferenciados o de otro tipo requeridos por la CONAGUA. También, se utiliza por las asociaciones de usuarios para generar los reportes georreferenciados operativos demandados por los productores agrícolas.

El G-SIPPAD se aplicó en una superficie agrícola de 21,000 ha en el DR 009, Valle de Juárez, Chihuahua, y 12,000 ha en el DR 023, San Juan del Río, Querétaro.

De esta manera se contribuye a la tecnificación del campo así como a la gestión sustentable de los recursos hídricos en la agricultura.

## ***Caudalímetro con telemetría GSM-GPRS (servicio de datos vía celular)***

La medición del agua es un requisito indispensable en la correcta operación de los sistemas de riego. En este contexto el IMTA desarrolla nuevos sistemas de medición como el caudalímetro para medir el gasto de un punto de control de una red de distribución, y se utiliza para totalizar el volumen en dicho punto, así como el suministrado a cada parcela durante el servicio de riego en tiempo real. Con la información generada se toman decisiones operativas que mejoran la eficiencia de los sistemas de riego.



Caudalímetro y monitoreo de nivel con telemetría (GSM-GPRS y radio).

Esta tecnología ultrasónica en operación es resultado del ensamble de componentes electrónicos comerciales, el desarrollo de tarjetas electrónicas y de la programación del microcontrolador. Puede medir el tirante con una precisión de 3 mm, lo que permite determinar el caudal con mayor precisión que la mayoría de los velocímetros portátiles apoyados con sonda de medición de tirante de agua con soporte por un operador.

A través de un convenio con las asociaciones de usuarios y del Distrito de Riego 023, San Juan del Río, Querétaro, se construyeron e instrumentaron siete estructuras de medición en puntos de control localizados en canales laterales de la red de distribución para la validación de este medidor con pruebas de campo.

La información hidrométrica así obtenida, se incorpora a la estadística que realiza el ICAM-Riego, también desarrollado por el IMTA, para la toma de decisiones en tiempo real.

El medidor resultante es económico y se le puede brindar mantenimiento con técnicos nacionales, lo cual es una ventaja.

## ***Apoyo al mejoramiento de la medición en el sector hidroagrícola***

El IMTA ha sido, desde 1998, asesor permanente de la CONAGUA en un programa de largo plazo y gran impacto con el que se pretende mejorar la medición de volúmenes de agua en el subsector hidroagrícola.

En 2010 asesoró las labores de diseño, suministro y operación de 11 nuevas estaciones hidrométricas ultrasónicas en canales y cuatro en presas, así como en el proceso de adquisición de 21 aforadores portátiles de perfilación y de medición de velocidad. Estas actividades se realizaron en nueve distritos de riego de Sinaloa, tres de Chihuahua, dos de Sonora, dos de Guerrero y uno de Puebla, Morelos, Querétaro y San Luis Potosí.

Además, en los estados mencionados el Instituto participó en el mantenimiento especializado a 146 estaciones hidrométricas ultrasónicas y a 37 presas de almacenamiento. Cabe mencionar que la información de las presas se transmite vía satélite a un sitio web ([conagua.imta.mx](http://conagua.imta.mx)). En materia de capacitación, el IMTA impartió cuatro talleres a personal de CONAGUA en el uso de estos novedosos y efectivos dispositivos de aforo.

En este sentido, un resultado relevante logrado por nuestros investigadores fue la obtención del balance hidráulico efectuado en el sistema conformado por las presas Lázaro Cárdenas (*El Palmito*) y Francisco Zarco (*Las Tórtolas*) en Durango. En ambas se instaló un aforador en cada obra de toma y se instalaron estratégicamente dos estaciones de hidrometría ultrasónica en la corriente del río



Aforador Doppler en un canal.



Trabajos en la presa Lázaro Cardenas.



Estación hidrométrica, DR Río Florido, Chihuahua.



Paneles solares, presa Lázaro Cárdenas.



Aforo con perfilador.



Sensores sumergidos, río Nazas.

Nazas. El mejoramiento de la hidrometría permitió solucionar una antigua problemática asociada con supuestas pérdidas de agua en el vaso de la presa Zarco.

## ***Modernización integral del Distrito de Riego 009 y tratamiento de aguas residuales en el Valle de Juárez, Chihuahua***

El IMTA realizó para el Banco de Desarrollo de América del Norte y la CONAGUA un estudio de factibilidad, para proponer acciones que permitan el uso eficiente y sustentable del agua disponible con

finés doméstico, industrial y agrícola en el Valle de Juárez, Distrito de Riego 009, Chihuahua.

Este tipo de estudio es el primero que se hace en el país, ya que incluye acciones para los diferentes usos del agua en una zona agrícola-industrial-urbana y constituye una alternativa de mitigación al impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.

En el estudio se determinó el grado de explotación del acuífero Bolsón del Huevo, se elaboró una propuesta de reconversión de cultivos con base en la calidad del agua y del manejo de agua residual en cultivos de hortaliza, y se sustentó la decisión para tecnificar con riego a baja presión las 11,500 ha del distrito de riego. Se localizaron embalses naturales y se diseñaron bordos de almacenamiento a partir de bombes directos del canal para hacer más eficiente el uso de aguas residuales en el estiaje.

Con base en un estudio hidrológico, el Instituto propuso construir embalses para control de azolves y

presas de filtración en las microcuencas de los arroyos más importantes. También, para el abastecimiento de agua potable en el periodo 2010-2030 propuso la construcción de un acueducto y de una planta potabilizadora binacionales.

Las acciones propuestas se cuantificaron en una inversión del orden de los 4,500 millones de pesos y la factibilidad económico-financiera del proyecto resultó una tasa interna de retorno de 30% y una relación beneficio-costos de 1.6, en beneficio de 1.5 millones de habitantes del valle.

La ejecución de las acciones propuestas permitirá intercambiar el agua dulce que corresponde a México, de acuerdo con el Tratado Binacional México-EUA de Agua para el Valle de Juárez, por aguas residuales tratadas; ahorrar energía de bombeo a la ciudad, recuperar el acuífero profundo y utilizar el agua salobre superficial con tecnologías apropiadas para riego parcelario, lo que coadyuvará a resolver el problema de estrés hídrico y contribuirá al uso sustentable del agua.

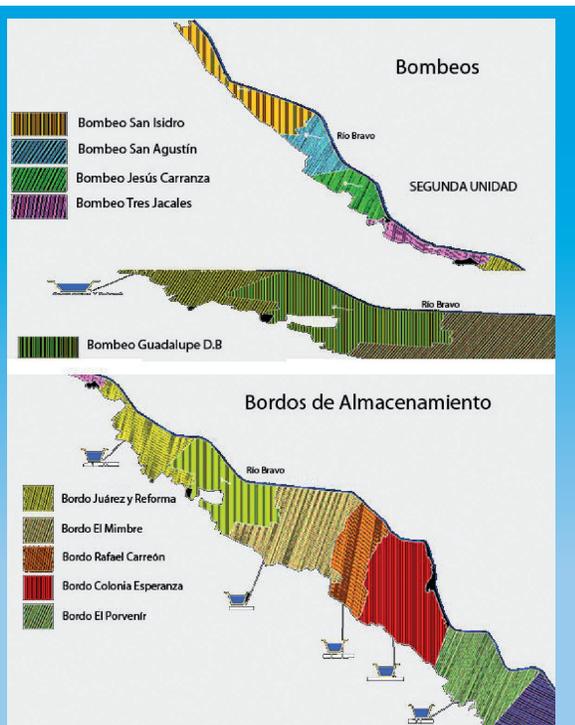
## Conservación de agua, suelo y bosque en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán

En materia de conservación de cuencas, el IMTA continuó realizando las acciones apoyadas por la Fundación Gonzalo Río Arronte en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Se recuperaron 519 ha sembrando las plantas producidas en el módulo de alta tecnología automatizado del vivero Francisco J. Mújica. La reforestación en terrenos de los cuatro municipios ribereños de la cuenca se hizo bajo las modalidades tanto tradicional con la excavación de cepas, en una superficie de 484 ha, así como la de preparación del terreno con maquinaria e implementos roturadores del suelo en 35 ha en la comunidad de Santa Fe de la Laguna, Quiroga. Todo esto permitió sobrevivencias superiores al 85% de las plantas reforestadas, lo que contrasta con el promedio nacional del 40 por ciento.

Asimismo, se realizó la reforestación en linderos agropecuarios en 3 km de cercos vivos por medio de 10,000 árboles de cedro. De igual forma y con el objetivo de proteger los cauces se plantaron 1,000 árboles de sauce llorón en el municipio de Erongarícuaro, en las comunidades de Arocutín y Tócuaro.

También, se llevó a cabo la excavación de 2,500 tinas ciegas o zanjas de infiltración en 5 km, con lo que se espera infiltrar 1,000 m<sup>3</sup> de agua de lluvia. En lo relativo a cauces, se construyeron 18 obras de represas filtrantes de gavión equivalentes a 450 m<sup>3</sup>, y 11 obras de represas filtrantes de piedra acomodada



Plano general de acciones de tecnificación del DR 009.

equivalentes a 298.5 m<sup>3</sup>, para un total de 748.5 metros cúbicos.

Además, se implementaron treinta obras de represas filtrantes de geocostales, equivalentes a 265 m<sup>3</sup>, y se llevó a cabo la estabilización de taludes en cárcavas mediante barreras vivas al contorno, empleando 12,000 estolones (hijuelos) de pasto vetiver y de agaves nativos en la microcuenca Ihuatzio-Ichupio, Tzintzuntzan.

Estas acciones contribuyen tanto a proteger, recuperar y conservar esta cuenca, como a mejorar la calidad del agua en el lago de Pátzcuaro.



Reforestación con preparación del terreno con cincel. Santa Fe de la Laguna, Tzintzuntzan.



Estabilización de taludes de cárcavas con pasto vetiver y agaves nativos. Microcuenca Ichupio.

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

Con el apoyo de Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno de Guanajuato, el IMTA y la Universidad de Guanajuato realizaron el diseño funcional, ejecutivo y la construcción de una planta potabilizadora prototipo de filtración en múltiples etapas, a escala real, para la comunidad rural Peregrina.

Esta tecnología es de bajo costo, fácil operación y requiere un mínimo de mantenimiento. El estudio incluye la evaluación del funcionamiento de la planta y la correcta apropiación de la comunidad, quien la operará, mantendrá y administrará. Con esto, la comunidad tendrá agua potable y un sistema autónomo y sustentable, que a su vez incentivará el uso de estas tecnologías. Actualmente se trabaja con la comunidad para lograr la apropiación social del sistema.



Estabilización de taludes de cárcavas con pasto vetiver y agaves nativos. Microcuenca Ichupio.