

# ASESORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

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

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

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

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

El balance de agua subterránea resultante estima: recarga vertical, 0.9 hm<sup>3</sup>/año; recarga total, 43.69 hm<sup>3</sup>/año; descargas naturales comprometidas, 6.06 hm<sup>3</sup>/año; volumen total concesionado, 37.82 hm<sup>3</sup>/año; disponibilidad de agua subterránea de -0.2 hm<sup>3</sup> anuales.

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

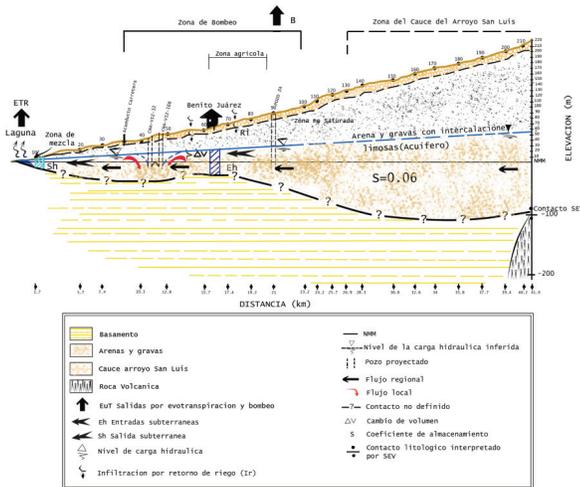
El valor promedio de la temperatura es de 16.46 °C, de la precipitación media anual de 103.80 mm/año y la evaporación media anual en el periodo 1953-2005 es de 1,904.01 mm/año. En 2011, los estadígrafos de profundidad indican un valor promedio de 33.71 m, con máximos de 60.57 m (al norte) y mínimos de 5.95 m (al oeste). El valor promedio de la carga hidráulica para el año 2011 es de 35.42 m, presentando valores mínimos de 13.78 m y máximos de 108.72 m. La evolución, de la carga hidráulica, para el periodo 2008-2011 es negativa, con un abatimiento promedio de -0.13 m/año, que representa un volumen negativo de 6.28 hm<sup>3</sup>/año.



\* Las áreas se estimaron con los shapefiles de las cuencas hidrologicas de CONAGUA.

Área de estudio y cuencas hidrológicas.

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



Sección geológica.

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

La empresa Cromatos de México, que operó una planta industrial entre los años 1958 y 1978 en la colonia Lechería, en Tultitlán, Estado de México, dejó un predio con una superficie de 16,500 m<sup>2</sup> contaminado con cromo. En 1983 fueron sepultados y sellados con una cubierta de asfalto en el lugar más de 75,000 toneladas de cromatos. El encapsulado presentó cuarteaduras y filtraciones de agua de lluvia, lo que provocó que una parte de las sales de cromo se disolvieran y se filtraran directamente al acuífero. Estudios recientes señalan también

que la contaminación del acuífero fue principalmente provocada por el vertido de los residuos de la empresa en pozos de absorción ubicados en el terreno, llegándose a detectar concentraciones mayores a los 100 mg/L de cromo hexavalente en el agua extraída en el sitio.

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

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

Una vez evaluados los procesos en pruebas en laboratorio y a escala piloto en el sitio se determinó que los mejores resultados de remoción se obtenían con un tren de tratamiento compuesto por coagulación asistida por redox, floculación, sedimentación y microfiltración. Este tren de tratamiento logró un efluente con una concentración de cromo total menor al límite permisible de 0.05 mg/L establecido en la NOM 127 SSA1- 1994 para agua destinada a uso y consumo humano. El costo del tratamiento por insumos (energía, reactivos y disposición de residuos) se estimó en \$9.64/m<sup>3</sup> para tratar



Planta piloto para realizar el tratamiento coagulación asistida por redox.

agua con una concentración de cromo hexavalente de 28 mg/L, la cual fue la máxima encontrada durante este estudio. El mayor porcentaje del costo del tratamiento está asociado al coagulante (sulfato ferroso) el cual representa el 57 por ciento.



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

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL

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

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

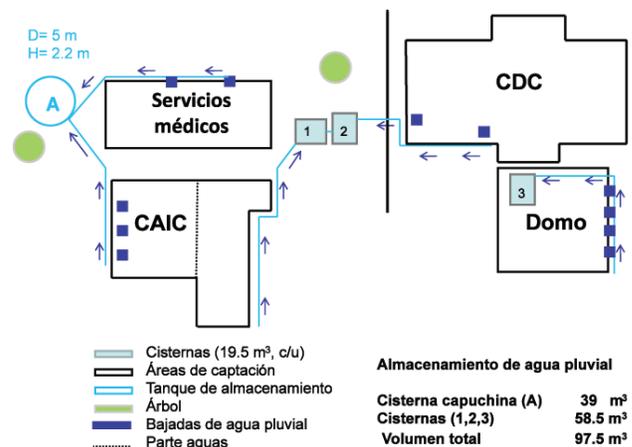
En colaboración con la ONU Hábitat, el IMTA ha propuesto el diseño de una metodología sociotécnica para la implementación y adopción social de tecnologías apropiadas en zonas perirurbanas para apoyar a la Unidad de Pro-

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

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

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

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



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

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

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

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

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

El proyecto consiste en formular los lineamientos, estrategias, acciones y propuestas de los proyectos que respalden la política hídrica de sustentabilidad en el mediano y largo plazos para lograr la visión de la Agenda del Agua 2030 en las Regiones Hidrológico-Administrativas. De esta forma, se colabora en varios aspectos que mejoren la planeación, economía y finanzas del sector hídrico. Con las caracterizaciones y diagnósticos de las 13 RHA, se formularon los Programas Hídricos Regionales (PHR), que incluyen el financiamiento necesario para los pro-

yectos propuestos para el cierre de las brechas hídricas al 2030, en donde se consideró la Estrategia Regional del Sector Hídrico hacia el 2030, con la problemática, objetivos, proyectos y avances de cada región, tomando en cuenta las carteras de proyectos basados en los programas existentes, identificando y cuantificando los beneficios, costos de las acciones y los proyectos factibles a desarrollar dentro de cada RHA.

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

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

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

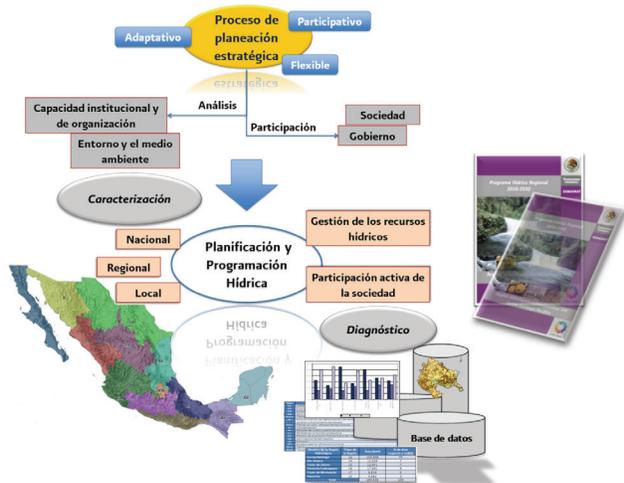
Referente a las *Estadísticas del agua en México* y el *Atlas del agua* se generaron las tablas, mapas y gráficas de la edición 2011 y 2012; adicionalmente, se generó una primera versión del *Data Warehouse* del Sistema de Información Nacional del Agua.

Con lo anterior, se avanza hacia la sustentabilidad del recurso hídrico en las diversas cuencas hidrológicas del

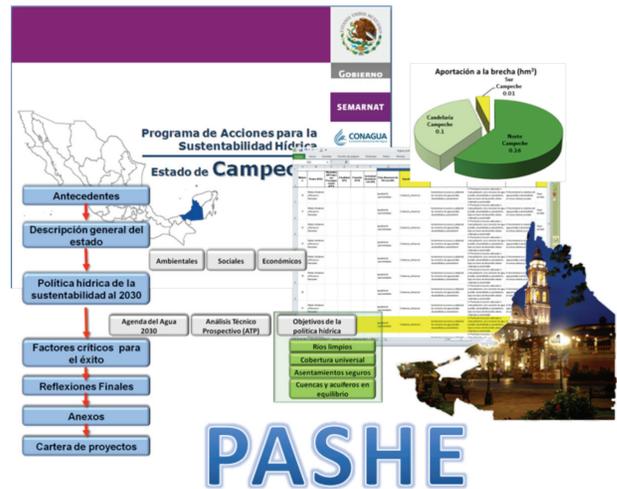
país, realizando una planeación regional ordenada, sistemática y alineada al Sistema Nacional de Planeación Hídrica que defina los lineamientos y estrategias de mediano y largo plazos, la cartera de proyectos a integrar y una base de datos geográfica y estadística que dé soporte a la gestión y planeación de los recursos hídricos.

De igual manera, se podrá contar con una planeación hídrica regional basada en un conocimiento y análisis

profundo y multidisciplinario de la problemática, así como en la definición de soluciones viables desde el punto de vista técnico, económico, social, político y ambiental para el mediano y largo plazos, con la participación de la sociedad y de los actores políticos, económicos y sociales más relevantes, incluyendo a funcionarios de los tres órdenes de gobierno, empresarios, agricultores, académicos, investigadores y medios de comunicación.



Planeación estratégica.



Programa de acciones para la sustentabilidad hídrica estatal.



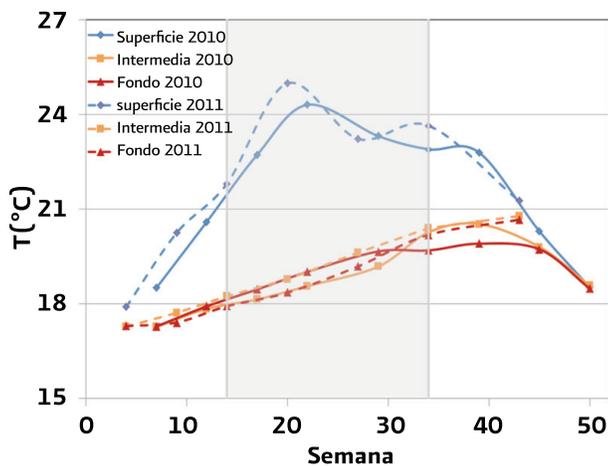
Sistema de Información Nacional del Agua, Atlas del agua y Estadísticas del agua en México.

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

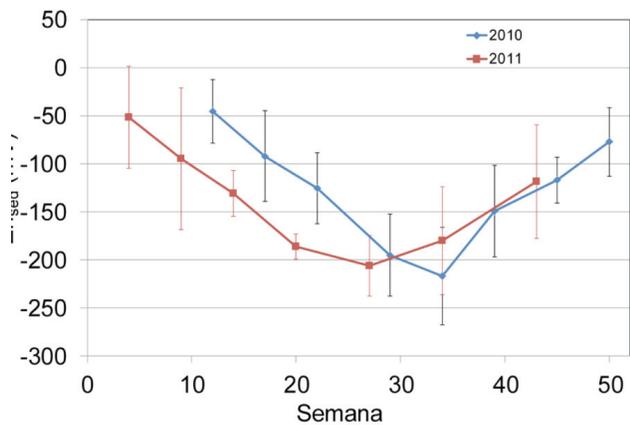
El Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México encargó al Instituto buscar alternativas para controlar la eutroficación en la presa Valle de Bravo. En esta tercera etapa del proyecto se completó la caracterización en el ciclo anual de la dinámica de nutrientes entre agua

y sedimentos. Asimismo, en núcleos de sedimentos se realizaron pruebas para verificar el espesor de sedimentos que interactúa con el agua. También, se evaluó la eficiencia de la aplicación del adsorbente natural Phos-lock® para inmovilizar fósforo en mesocosmos dentro de la presa Valle de Bravo.

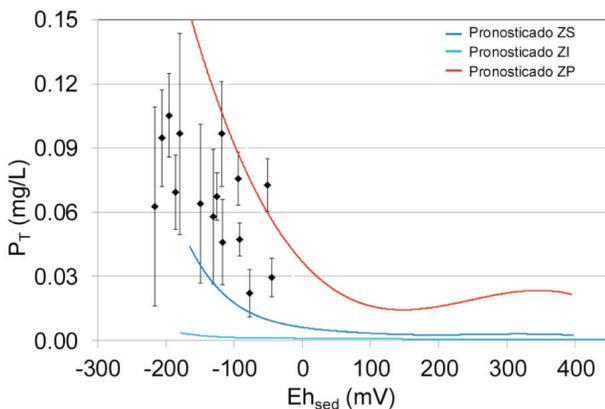
Las variaciones de potencial redox en sedimentos presentan un comportamiento cíclico donde, durante el periodo de estratificación de la columna de agua, se alcanzan valores de Eh por debajo de -200 mV. Se observa una relación entre potencial redox en sedimentos y contenido de fósforo en agua de fondo,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



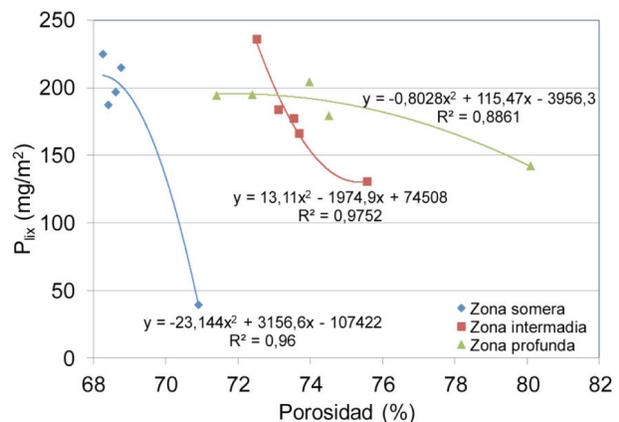
Temperatura promedio del agua.



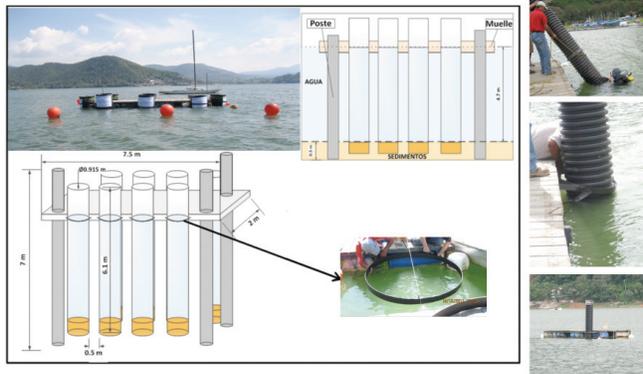
Potencial redox promedio en sedimentos.



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



Fósforo lixiviado y porosidad en relación al espesor de sedimentos.



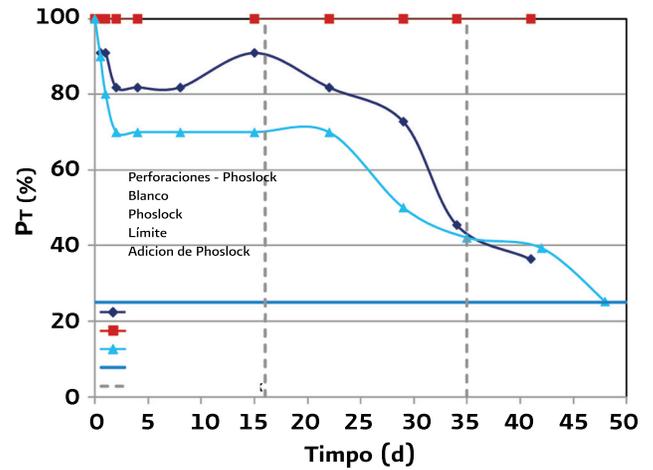
Instalación de mesocosmos.

fósforo ocurre en el espesor de sedimentos hasta 20-25 cm de profundidad.

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

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

Las metodologías de referencia para determinar la incertidumbre en la medición del caudal incorporan prácticas de los operarios y las principales variables físicas por medir. Por este motivo, es necesario contar con procedi-



Evaluación de la remoción de fósforo en mesocosmos.

mientos claros y de uso rutinario, los cuales deben consensuarse entre la entidad que entrega el recurso agua y los usuarios que lo reciben. Estos procedimientos toman mayor relevancia durante la asimilación de nuevos equipos, técnicas y modelos.

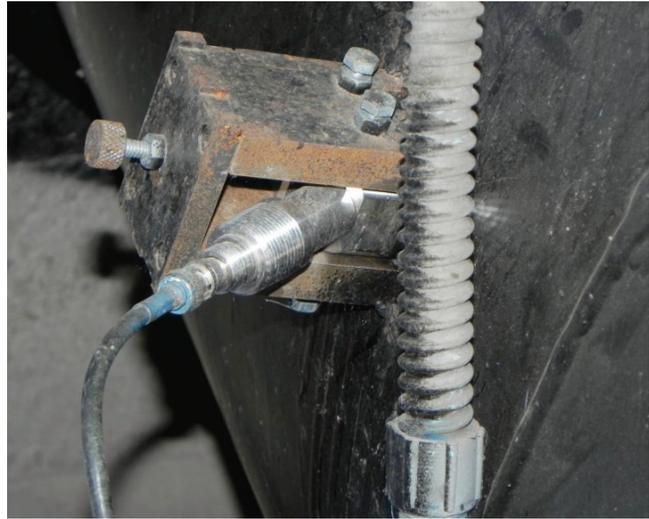
En este año se dio seguimiento y verificación de la adecuada instalación de 19 medidores del Organismo de Cuenca Cuenca Centrales del Norte, en el Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera; mantenimiento a 32 sistemas de telemetría; supervisión a la transmisión satelital de 37 sistemas de telemetría; mantenimiento y actualización de la página web de presas de la CONAGUA, y mantenimiento y calibración de cien molinetes.



Sistema de medición de niveles.

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

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



Sensor ultrasónico de tiempo de travesía exterior.



Instalación de un sensor de medición ultrasónico.



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

La CONAGUA tiene la responsabilidad de operar y mantener en buenas condiciones la infraestructura hidráulica nacional, de la cual depende en buena medida el abastecimiento de agua potable a varias poblaciones, así como

el de zonas agrícolas bajo riego y la generación de energía eléctrica.

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

Durante la inspección se revisaron más de 1,000 instrumentos de diversos tipos. El diagnóstico arrojó que más de la mitad de los inclinómetros se encuentran da-



Presa Santiago Bayacora, Durango.

ñados sin posibilidad de reposición, que la mayoría de los acelerógrafos requieren reparación o sustitución por aparatos más modernos, y que más de la mitad de los testigos superficiales requieren relocalización y muchos de ellos mantenimiento.

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

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

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

diseño y funcionamiento de vertedores se destacan entre las obras hidráulicas que se revisan tradicionalmente mediante modelos físicos.

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



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

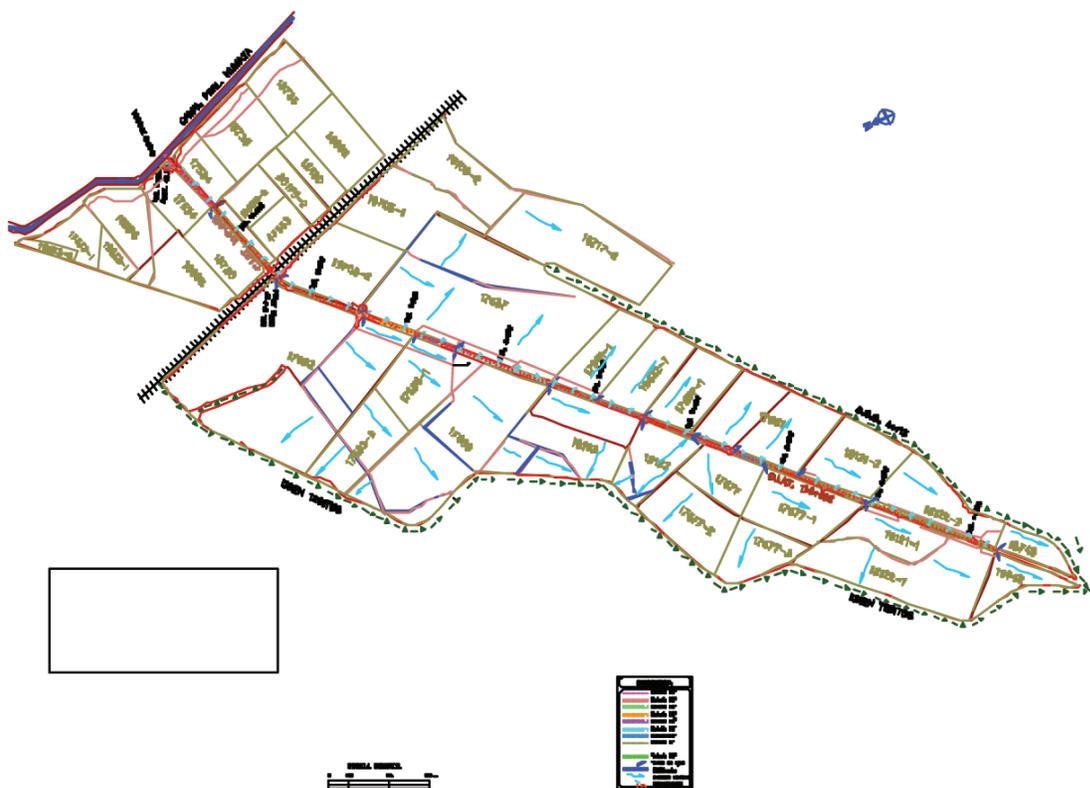
## Modernización de la red de distribución en el Módulo de Riego V-II del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa

El Módulo de Riego V-II se localiza al final del Canal Principal Humaya del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. La problemática de la infraestructura hidroagrícola consiste en la falta de capacidad del Canal Principal Humaya, lo cual provoca problemas de baja disponibilidad del recurso hídrico, así como las condiciones

físicas de la red de distribución del módulo. En respuesta a esta problemática, la CONAGUA y la Asociación de Usuarios Productores Agrícolas del Módulo de Riego V-II solicitaron al IMTA elaborar una propuesta de modernización de su red de distribución. El Instituto elaboró la propuesta a nivel de anteproyecto para modernizar mediante redes entubadas los 300 km de canales de la red de distribución del módulo que dominan una superficie de 30,000 ha, así como los proyectos ejecutivos para

100 km de canales de la misma red, que dominan una superficie de 18,000 ha, con lo que se inició la primera etapa del proceso de modernización.

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



Plano del proyecto ejecutivo del lateral 136+683.

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

En el ciclo agrícola otoño-invierno 2010-2011, en los Distritos de Riego 010 Culiacán-Humaya y 074 Morcorito, Sinaloa, se sembró la superficie programada de

126,324 ha. Por efecto de las heladas de febrero de 2011, toda esta superficie se declaró siniestrada por lo que fue resembrada, y adicionalmente se sembró una superficie de 47,669 ha. El total de la superficie con maíz y sorgo de 173,993 ha se sembró en un periodo de veinte días. Esta situación demandó optimizar la operación y distribución del agua entregada en puntos de control a los módulos de riego. La mayor problemática en la disponibilidad de agua de riego se presentó en seis módulos con una superficie de 95,867 ha, a los cuales el IMTA

y la CONAGUA proporcionaron asesoría en aspectos de operación. Adicionalmente, el IMTA capacitó 68 técnicos en la medición del agua en la red de distribución y en el uso eficiente del agua en riego por gravedad.

La asesoría y capacitación proporcionadas permitió minimizar las pérdidas en la producción agrícola por efec-

to del déficit hídrico, resultando un rendimiento promedio para maíz de 6.0 t/ha, concluir satisfactoriamente el ciclo agrícola primavera-verano (totalmente atípico), disminuir conflictos sociales derivados de la falta del servicio oportuno del riego e incrementar las eficiencias en la red de distribución de los módulos.

### DISTRITO DE RIEGO 074 MOCORITO,

74-1 "VALLE DEL  
EVORA"

V-2 "VALLE DE  
ANGOSTURA"

74-2 "EUSTAQUIO BUELNA"

### DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACAN HUMAYA,

IV-4 "MONTELARGO"

I-3 "OTAMETO"

II-3 "EL GRANDE"

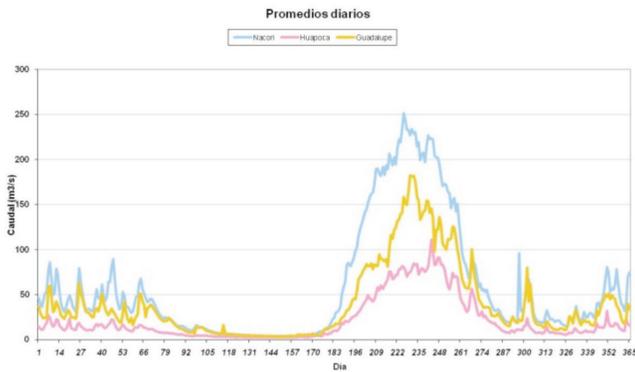
Módulos con mayor problemática de disponibilidad de agua.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

### Determinación del gasto ecológico mediante la aplicación

de la metodología IHA-RVN, para  
el estudio de sustentabilidad del  
Proyecto Hidroeléctrico Madera,  
Chihuahua

El Proyecto Hidroeléctrico Madera se ubica a 230 km de la presa Abraham González, sobre el río Papigochi. Com-



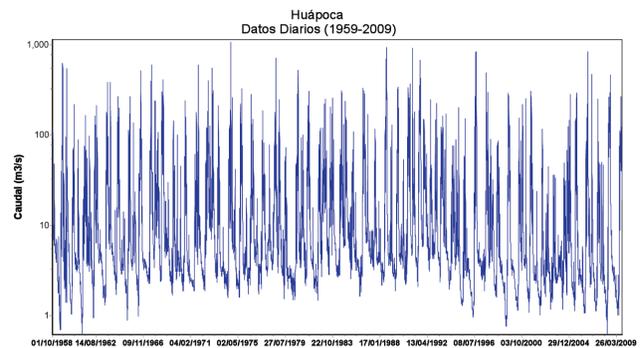
### Variación intra-anual en la estación Huápoca.

prende el aprovechamiento de 562 hm<sup>3</sup> con un embalse de 1,487 ha. Los volúmenes de agua almacenados en la presa serán trasladados por medio de una conducción en túnel de 21 km, para tener una carga del orden de 520 m, siguiendo por una tubería a presión de 1.6 km, a la casa de máquinas a cielo abierto con tres turbinas Pelton, y un túnel corto de desfogue hacia el río Tutuaca. Por lo anterior, se requirió reconocer las variaciones naturales del régimen de caudal en la estación Papigochi para recomendar los límites del gasto ecológico mensual aguas abajo del embalse.

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

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

El proyecto, apoyado por el CONACYT, tiene como objetivo evaluar el proceso de electrocoagulación como al-



### Variación interanual en la estación Huapoca.

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

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

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

Las estimaciones hasta ahora realizadas indican como costo de tratamiento \$6.00/m<sup>3</sup> y se tiene una proyección para recuperar la inversión en cinco años aproximadamente. Sin embargo, se requiere el proyecto ejecutivo para tener costos más reales de inversión.

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



Vista de la planta piloto con reactor-floculador.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON PETRÓLEOS MEXICANOS

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

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

de enfriamiento, o mediante la recuperación de las purgas de las torres de enfriamiento y calderas.

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

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

El tren de tratamiento propuesto para la recuperación de purgas incluye dos etapas, en la primera se remueve sílice y fosfatos por electrocoagulación y en la segunda se remueve dureza y sólidos disueltos utilizando membranas de nanofiltración. La evaluación en el laboratorio, así como el análisis del balance de agua han resultado favorables, por lo que se trabaja en encontrar las condi-



Muestreo de agua en instalaciones de PEMEX-Gas.

ciones que permitan la mayor recuperación de agua utilizando este acoplamiento. En cuanto a la incorporación del tratamiento magnético como auxiliar para la inhibición de incrustaciones, se realizan pruebas para determinar los puntos en que esta alternativa pueda ser aplicada en beneficio de los sistemas de enfriamiento.

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

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

En apoyo a las acciones de tratamiento de aguas residuales en las instalaciones de Pemex Refinación, en la



Separadores de efluentes aceitosos.

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

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

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



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

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

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

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

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

Durante 2011, se realizó la instalación y seguimiento de las siguientes tecnologías: un sistema de potabilización de 760 l/d de capacidad a base de un filtro de carbón activado y osmosis inversa, un tanque de almacenamiento de agua cruda y tanque de almacenamiento para agua potabilizada e instalación de un presurizador de 19 galones para enviar agua potabilizada al área de la cocina; rehabilitación de la fosa séptica existente e instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de humedales artificiales de flujo subsuperficial para tratar una descarga de 17 m<sup>3</sup>/d, aproximadamente; un huerto/invernadero de 120 m<sup>2</sup> con riego superficial intermitente equipado con un tanque de descarga de fondo de 200 litros y tres líneas de cintilla de baja presión por cama, este huerto/invernadero está protegido con estructura y malla antiácidos; un gallinero para albergar hasta doscientas aves; un sistema fotovoltaico de 8,900 Wh/d de capa-

cidad; un sistema de calentadores solares con una capacidad de 3,500 l/d; un estanque acuícola tipo *raceway* de 8.6 m<sup>3</sup> para el cultivo de trucha arco iris; un tanque de almacenamiento de 50 m<sup>3</sup> para recircular el agua al estanque de engorda de peces y/o huerto/invernadero, y dos bodegas de 10.9 m<sup>2</sup>, una para herramientas y otra para almacenar alimento de peces y semillas.

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



Caseta de planta potabilizadora y cisterna de almacenamiento de agua.

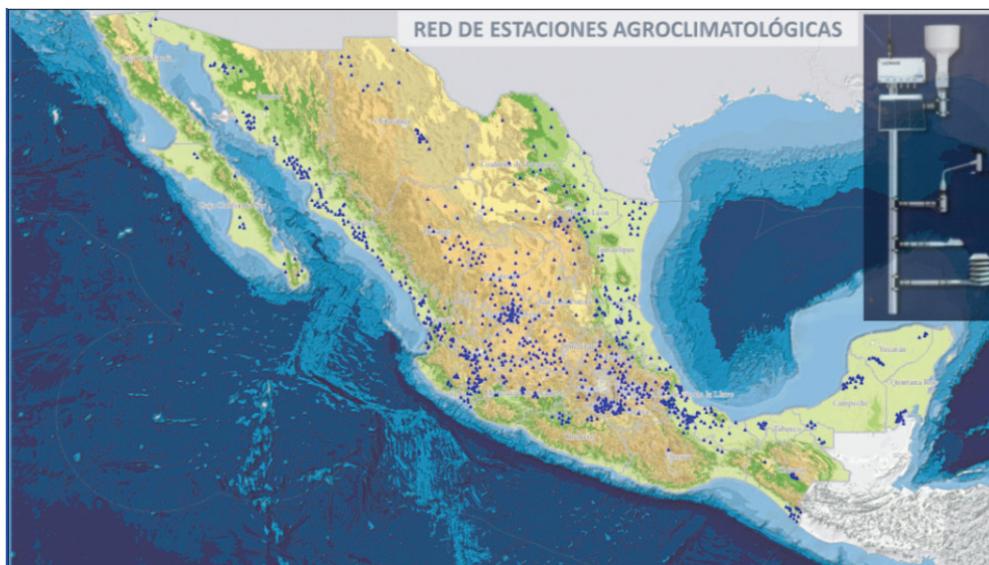
## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COORDINADORA NACIONAL DE LAS FUNDACIONES PRODUCE, A. C. (COFUPRO)

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

Para lograr resultados óptimos y datos confiables obtenidos por medio de la red de estaciones agroclimatoló-

gicas, se calibraron en total 321 sensores de las Fundaciones Produce de Nuevo León (180) y Morelos (141). Los sensores calibrados son los de: precipitación pluvial, temperatura del aire, humedad relativa, dirección del viento, velocidad del viento y radiación solar. Con el propósito de conocer el estado actual de operatividad

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



Red de estaciones agroclimatológicas de la COFUPRO.



Ubicación de las estaciones consideradas para el diagnóstico.

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ENTIDADES Y MUNICIPIOS

### Baja California

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

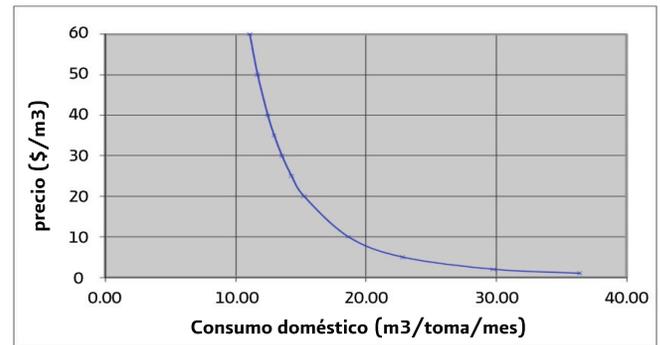
La ciudad de Ensenada, Baja California, enfrenta un severo desabasto de agua potable porque sus fuentes de abastecimiento se conforman por pozos profundos cuyo potencial de explotación ha disminuido al depender directamente de la precipitación pluvial que ocurre en la región. Desde 1999, la precipitación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

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

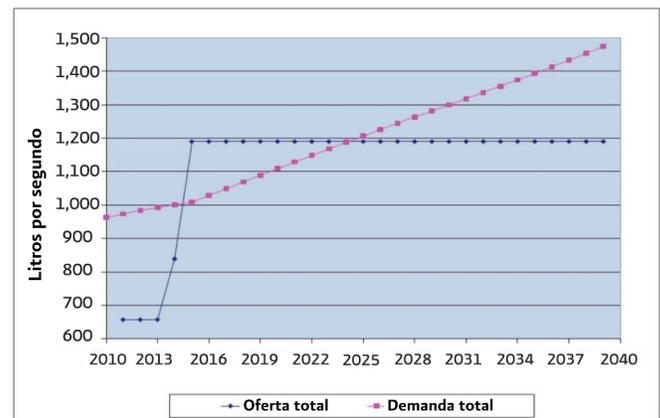
El estudio muestra la viabilidad socioeconómica del proyecto Derivación del Acueducto Río Colorado-Tijuana al Sistema Morelos de Ensenada, ya que arroja un valor actual neto social positivo de 87.08 millones de pesos y una tasa interna de retorno social del 13.2%. Los análisis de sensibilidad realizados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

Una vez que la obra se construya e inicie operaciones, los habitantes de la zona urbana de la ciudad de Ensenada

da recibirán el servicio de agua potable de manera continua sin necesidad de tandeos, y podrán incrementar su dotación de agua potable de 125 a 194 litros por habitante al día.



Curva de demanda para usuarios de tipo doméstico en Ensenada.



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

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

El proyecto de rehabilitación, ampliación y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Antonio de los Buenos tiene como objetivo incremen-

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

Se contempla una inversión de \$512.6 millones de pesos para una planta de lodos activados convencionales con cogeneración de energía eléctrica, capacidad de 1,500 l/s y un caudal máximo instantáneo de 2,000 l/s en un sistema de tratamiento a base de pretratamiento, planta de bombeo, sedimentación primaria, tanque de lodos activados convencionales con cogeneración de

energía eléctrica, sedimentación secundaria, desinfección por ultravioleta, espesado de lodos, digestión anaerobia de lodos y desaguado de lodos, para tratar el agua residual que se generan en Tijuana.

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

El estudio socioeconómico analizó varias alternativas para atender la problemática de saneamiento y permitió concluir que la alternativa elegida tiene el menor costo anual equivalente de \$80.9 millones de pesos. Además, la alternativa seleccionada tiene otras ventajas técnicas ya que utiliza la digestión anaerobia de lodos que es la opción más conveniente para efectuar la estabilización de los lodos generados y el costo de operación y mantenimiento representa un ahorro anual de 24 millones de



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



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

pesos, incluyendo el beneficio de la cogeneración, con respecto de la digestión aerobia. Otra ventaja es que utiliza un proceso de tratamiento probado en distintas ciudades en México y que asegura el cumplimiento de calidad de agua tratada y dada su configuración, es idónea para efectuar en un futuro la remoción biológica de nitrógeno.

## Chiapas

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

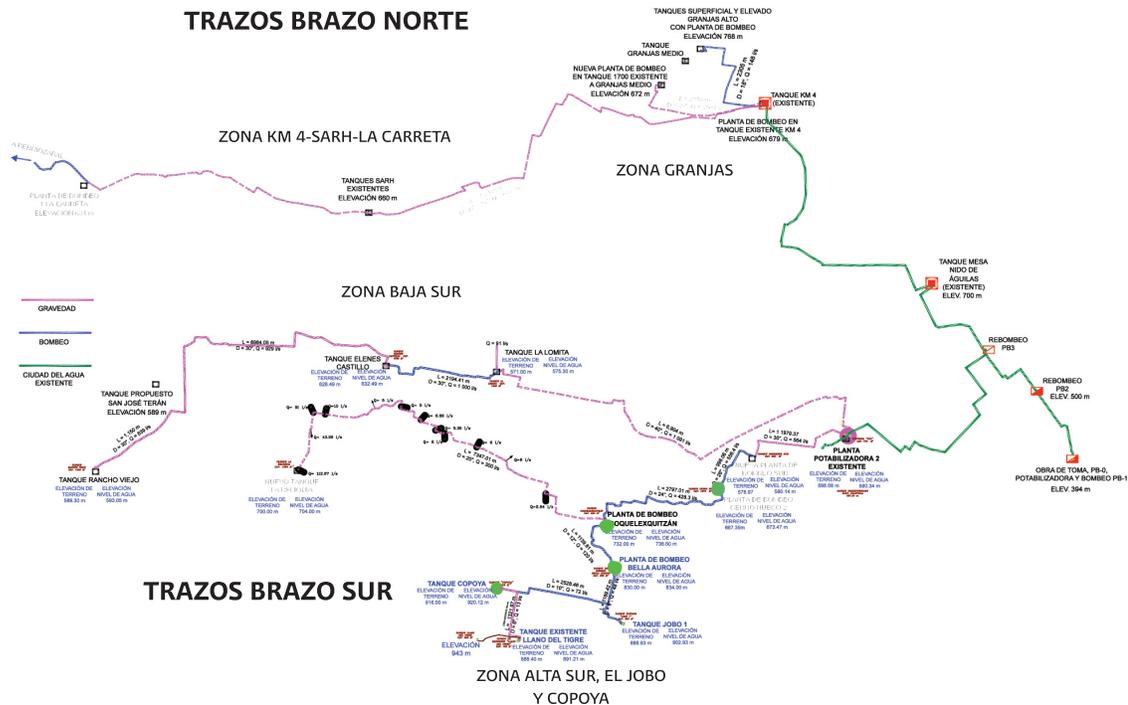
La ciudad de Tuxtla Gutiérrez ha estado sujeta a un crecimiento de la población importante en los últimos años, expresado por nuevos fraccionamientos y asentamientos irregulares. La infraestructura actual de agua potable es insuficiente para responder a esta demanda.

El proyecto que desarrolla el Instituto tiene por objeto diseñar infraestructura hidráulica nueva para incrementar la capacidad y aprovechar a plenitud el acueducto Río

Grijalva- Nido de Águilas, para ayudar a cubrir el servicio diario de agua potable en toda la ciudad con un horizonte de diseño del año 2035.

Las obras a construir se dividen en Brazo Norte y Brazo Sur. El Brazo Norte, que actualmente se encuentra en construcción, abastecerá de agua potable a la parte norte de Tuxtla Gutiérrez, incluyendo a las zonas Patria Nueva y Granjas, y a la ciudad de Berriozábal. El Brazo Sur abastecerá a la parte sur de Tuxtla Gutiérrez, incluyendo el gran desarrollo urbano Nuevo Tuxtla en el surponiente de la ciudad, y a las localidades de Copoya y El Jobo.

Como resultado del proyecto figuran el análisis integral y proyectos ejecutivos de: una nueva planta de bombeo (Rebombero Sur), un nuevo tanque-rebombero (Cerro Hueco), otro tanque-rebombero ubicado en Coquelexquitzán, el tanque La Reliquia 2, la línea de conducción por gravedad nueva de la planta potabilizadora 2 Los Pájaros a la planta de bombeo Rebombero Sur, la línea de bombeo del Rebombero Sur al tanque-rebombero Cerro Hueco, la línea de bombeo de Cerro Hueco al tanque Coquelexquitzán, la línea de conducción y distribución por gravedad del tanque Coquelexquitzán al tanque Reliquia 2 que dará servicio a unas 12 derivaciones en su extensión, la línea de bombeo del cárcamo Coquelex-



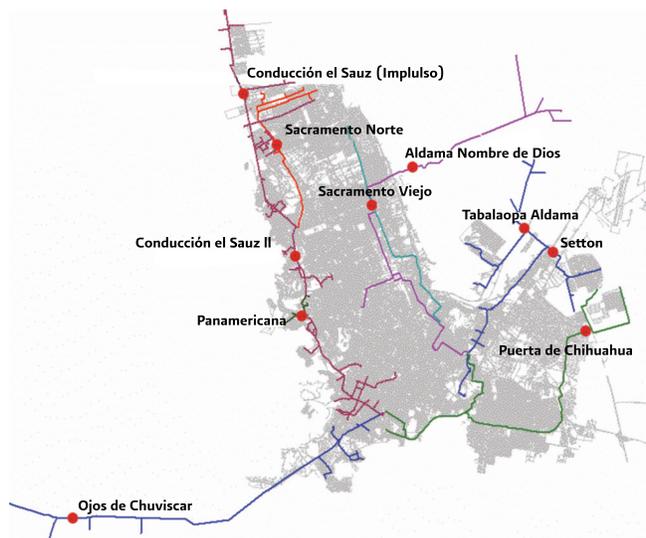
Esquema del proyecto Brazos Norte y Sur, Tuxtla Gutiérrez.

quitán al rebombeo Bella Aurora, la línea de bombeo del cárcamo Bella Aurora al tanque Copoya, el tanque Copoya, la línea de bombeo del cárcamo Bella Aurora al tanque El Jobo, el tanque elevado El Jobo 2 y la línea de conducción por gravedad del tanque Copoya al rebombeo Llano del Tigre. El impacto del proyecto consiste en proveer servicio de agua potable a zonas de crecimiento y mejorar el servicio a usuarios existentes a una población total de 260,000 habitantes.

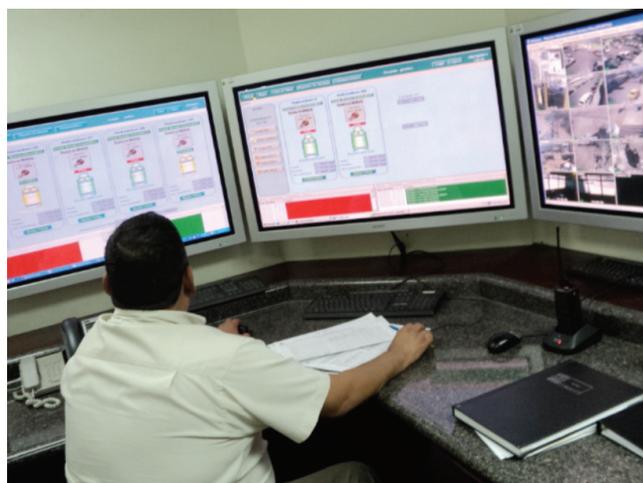
## Chihuahua

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

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



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



Sala de control telemétrico, Ciudad Juárez.

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

tarillado y saneamiento en un marco de autosuficiencia técnica, financiera y ambiental.

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

## Coahuila

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

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

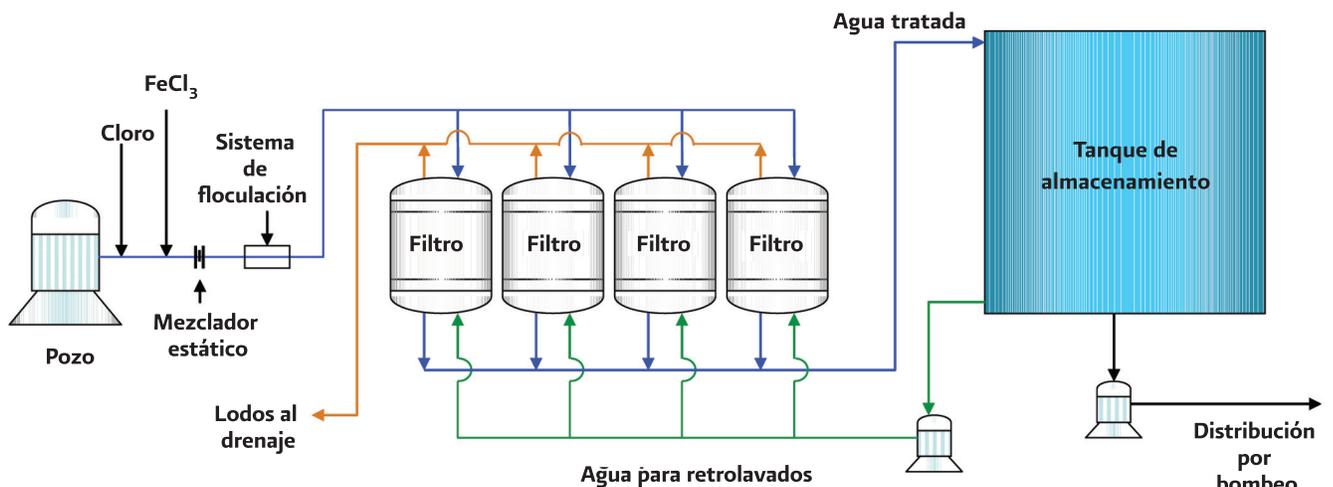
Con el fin de complementar e instalar nueva infraestructura para la remoción de arsénico de las fuentes de agua, el Sistema Municipal de Agua y Saneamiento de Torreón, Coahuila, solicitó el apoyo del IMTA para la selección, licitación, seguimiento de la construcción, ins-

talación y puesta en marcha de las plantas potabilizadoras para remoción de arsénico (As) con que tratarán el agua de siete fuentes de abastecimiento que contienen arsénico en concentraciones por arriba de la NOM-127-SSA1-1994 (modificación año 2000).

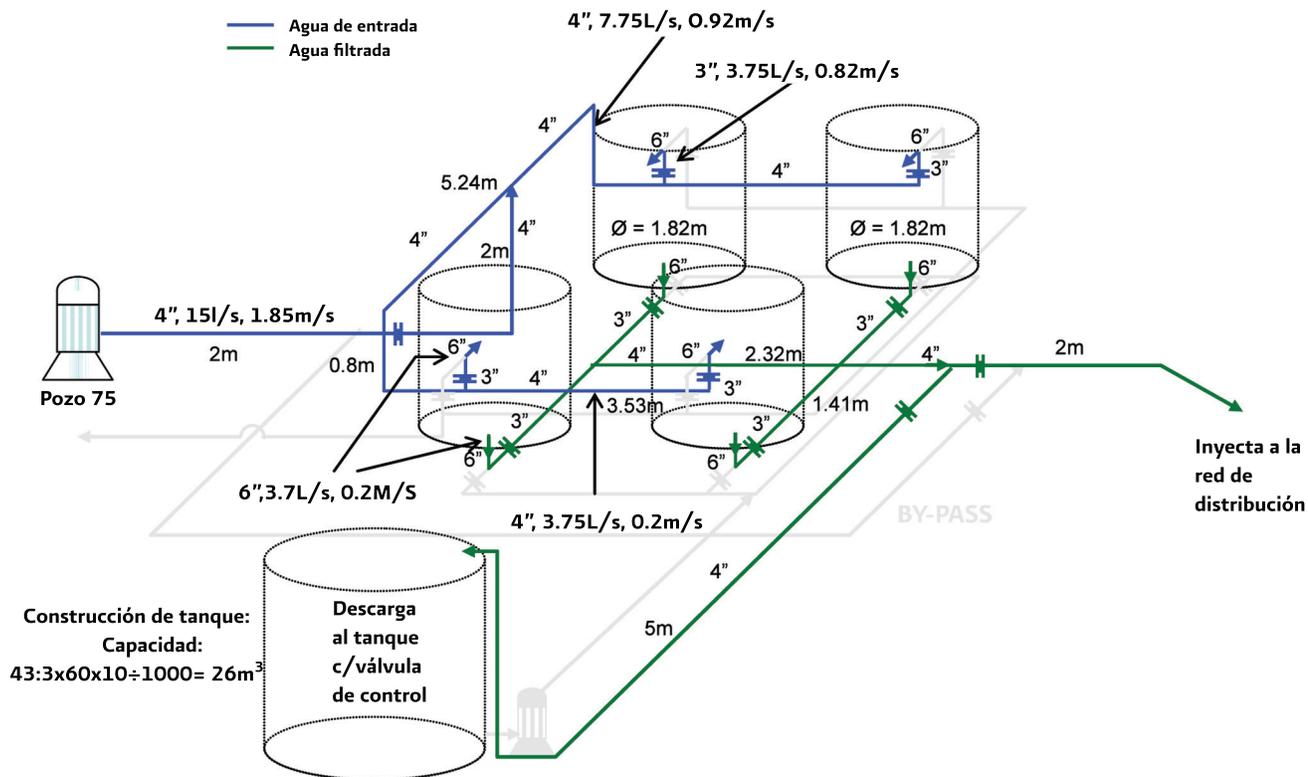
La solución que el IMTA propuso en los pozos seleccionados es que se instalen filtros rápidos a presión con lecho dual de arena-antracita, con aplicación en línea de cloro (gas cloro o hipoclorito de sodio) y cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) como coagulante, para que el arsénico presente en el agua se adsorba en los flocs formados y estos sean, a su vez, retenidos por filtración. Este proceso se denomina filtración directa para la remoción de As, ya que no cuenta con unidades de floculación ni sedimentación previas a los filtros.

Los principales resultados han sido: 1) análisis de la infraestructura hidráulica y electromecánica en cada uno de los siete pozos para determinar los arreglos necesarios para la instalación de las plantas potabilizadoras. De acuerdo con los criterios de la CONAGUA, los sistemas de bombeo 50 y 75 requieren mantenimiento; 2) dimensionamiento de los sistemas de tratamiento que se instalarán; se diseñaron siete plantas de filtración directa con filtros a presión, y 3) elaboración de la parte técnica de los términos de referencia para la licitación pública de las plantas para remoción de arsénico.

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



Esquema general de la filtración directa.



Isométrico de filtros propuestos en el pozo No. 75.

## Distrito Federal

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

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

Para determinar la infraestructura necesaria para captar y aprovechar el agua de lluvia, se estimaron los potenciales de captación y aprovechamiento de agua pluvial en cada tecnológico, resultando  $640 m^3/año$  en los del Valle del Distrito Federal y de  $990 m^3/año$  en el de Milpa Alta. Esto incluye la captación en el techo de los edificios, con una cubierta de geomembrana de PVC, un sistema de conducción y una cisterna superficial de almacenamiento de  $250 m^3$ , además de un sistema de filtrado y clorado del agua almacenada.

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

El contar con disponibilidad de agua pluvial en Milpa Alta permite un ahorro monetario en la compra de pipas de agua, aminorando así el gasto por este concepto debido a que no se cuenta con otra fuente de abastecimiento; así también, en los otros tres tecnológicos revisados,

se tiene una disponibilidad de agua para los periodos de interrupción en el servicio de la red, contando con una dotación promedio por alumno de tres litros por día hábil del periodo escolar, siendo que el edificio está proyectado para albergar a 1,200 alumnos.



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

## Guanajuato

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

Dada la necesidad de contar con una tecnología adecuada para potabilizar las aguas de fuentes superficiales de pequeñas comunidades en Guanajuato, se adaptó, diseñó y construyó una planta piloto a escala real de filtración en múltiples etapas (FIME) en la localidad rural Mineral de Peregrina. Este proyecto tuvo como objetivo demostrar que este tipo de tecnología es adecuada para la apropiación social de la comunidad y funciona eficientemente. La potabilizadora es de operación sencilla, no requiere electricidad y es de bajo mantenimiento.

Cuenta con un filtro grueso dinámico, dos filtros gruesos ascendentes en serie y un filtro lento de arena, además se clora el agua a la salida de la planta para conservar la calidad bacteriológica en la red.

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

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

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

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



Vista panorámica de la planta FIME Peregrina.

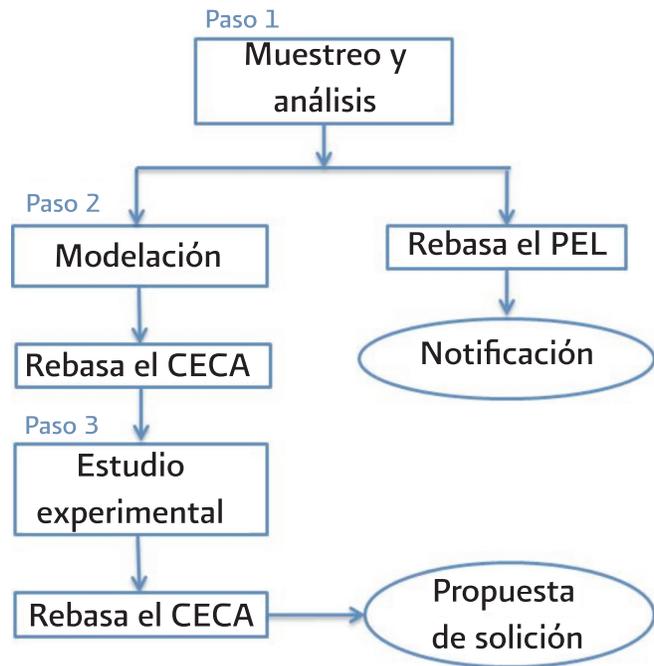
## Jalisco

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

La zona conurbada de Guadalajara (ZCG) tiene 4.1 millones de habitantes y actualmente tiene un déficit en el abastecimiento de agua de 3.5 m<sup>3</sup>/s. Con la construcción de la presa y sistema de bombeo Purgatorio-Arcediano, se podrá abastecer la ZCG con 5.6 m<sup>3</sup> por segundo.

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

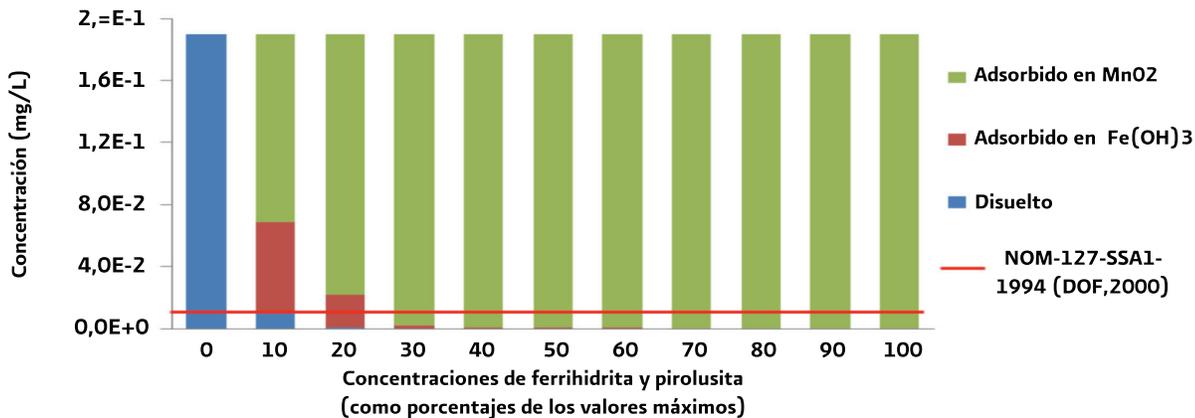
Asimismo, se realizó un estudio experimental y modelación numérica de la lixiviación de contaminantes en sedimentos bajo diferentes condiciones de óxido-reducción



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

y profundidad del agua en la presa. Los resultados fueron comparados con Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA) para agua como fuente de abastecimiento.

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



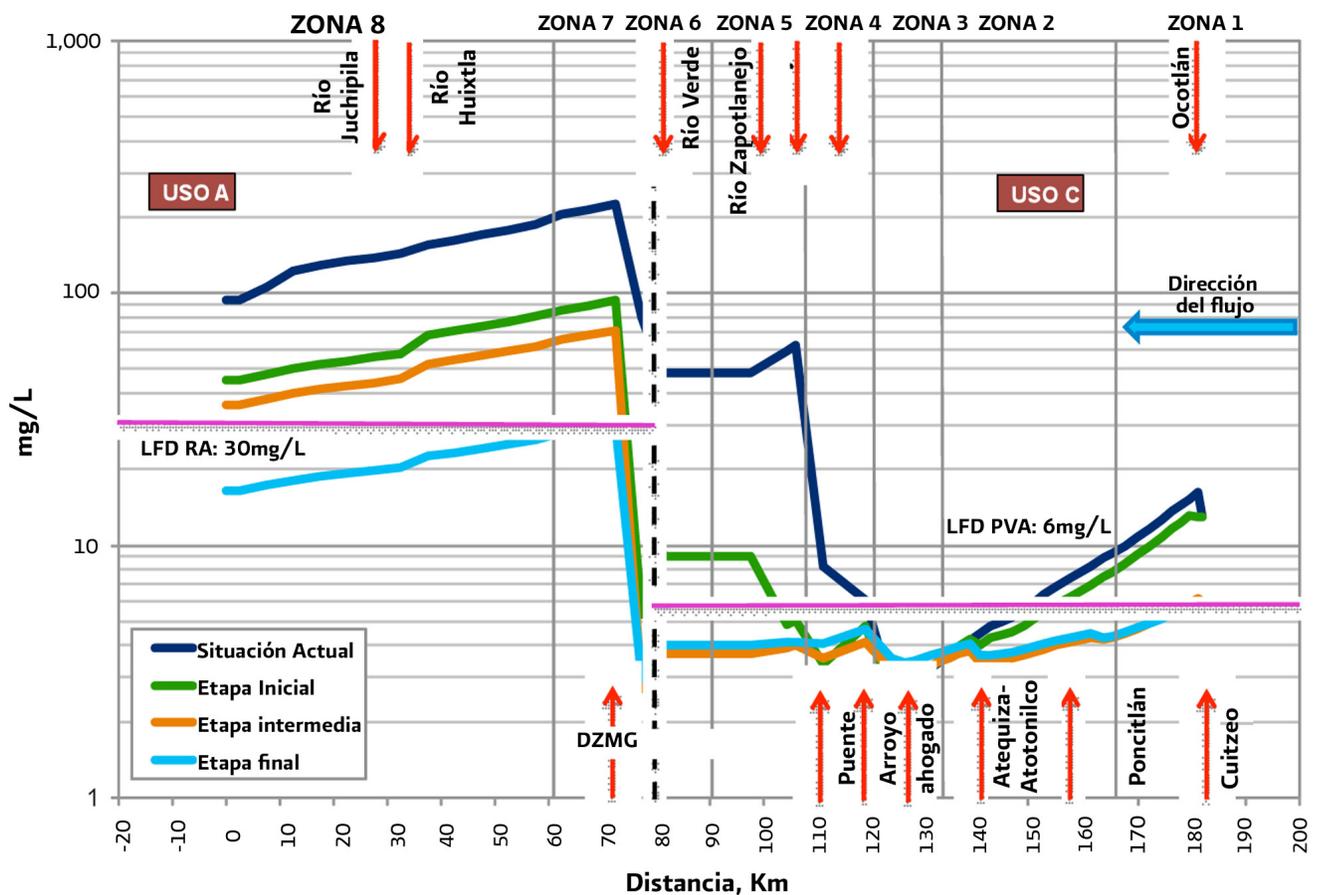
Simulación de la remoción de plomo por adsorción en óxidos de hierro (ferrihidrita) y de manganeso (pirolusita) durante el proceso de potabilización.

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

Con el objetivo de realizar la Declaratoria de Clasificación del río Santiago, y una vez analizados los datos de calidad del agua, se simularon los escenarios para los tres plazos definidos y en las ocho zonas en que se dividió el río. Esto permitió establecer la capacidad de asimilación y dilución, los límites máximos de descarga en cada

tramo y las metas de calidad que se pretenden alcanzar para los usos de protección de la vida acuática (desde la salida del lago de Chapala hasta el sitio de Arcediano), y de riego agrícola (después de Arcediano hasta la presa Santa Rosa).

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



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

## Morelos

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

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

En 2011, con el fin de potenciar el aprovechamiento de la infraestructura de tratamiento y prevenir la contaminación del agua en las ollas nuevas, se acordó acondicionarlas e interconectarlas hacia la planta potabilizadora para incrementar la dotación de agua por habitante, además de implementar un sistema de purificación de agua para consumo humano en el modelo comunitario de almacenamiento de agua de lluvia. De esta manera, se realizaron las adecuaciones tecnológicas en dos ollas, sustituyendo el recubrimiento en una de ellas con geomembrana de Policloruro de vinilo (PVC), y colocando la cubierta flotante de PVC en ambas, para conservar la calidad del agua almacenada. Se sobrelevó el aljibe y se instaló un sedimentador para mejorar la calidad del agua del influente a la planta potabilizadora. Se concluyó la interconexión de las cuatro ollas a la planta potabilizadora existente, e implementó un sistema de purificación de agua en el modelo de captación de agua de lluvia con una capacidad de hasta 8 m<sup>3</sup>/d. Por último, se desarrolló un manual para la operación y mantenimiento del sistema.

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

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



Interconexión de las hoyas.



Purificadora para el agua de lluvia.

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

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

Bajo este marco de referencia, la CONAGUA, la CEA-MA y el IMTA con el patrocinio de la FGRA, acordaron realizar una serie de actividades prioritarias, entre las cuales destacan la rehabilitación, recuperación y protección de seis ollas de geomembrana de polietileno de alta densidad (HPDE), cuya capacidad total es de 24,693 m<sup>3</sup>, así como la transferencia de ochenta paquetes integrales de tecnologías apropiadas para el manejo sustentable del agua en la vivienda. Lo anterior, con el fin de mejorar la calidad de vida y las condiciones de salud a través del incremento de la dotación y la calidad del agua por habitante.

Estas acciones incluyen la rehabilitación de ollas en diversas poblaciones como son El Vigía y Fierro del Toro, en donde se sustituyó el recubrimiento con geomembra-

na de Policloruro de vinilo (PVC) y se colocó una cubierta flotante de PVC para conservar la calidad del agua almacenada. Se realizó la transferencia de 53 paquetes integrados por ocho tecnologías apropiadas: cisterna de almacenamiento de 50 m<sup>3</sup>, sistema de captación de agua de lluvia, caja de desinfección solar, lavadero ecológico, sanitario ecológico seco, huerto familiar con tanque de descarga de fondo y bicibomba.

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



Vivienda con paquete de tecnologías apropiadas.

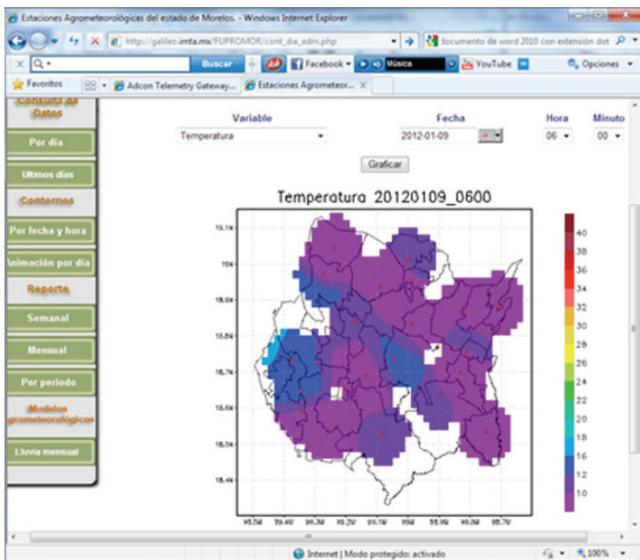
## Red de estaciones agroclimatológicas en Morelos

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

La información generada por las estaciones se publica a través del portal <http://galileo.imta.mx/FUPROMOR>,

el cual se ha mejorado para cumplir con el objetivo principal de ofrecer al productor morelense la información requerida para optimizar sus procesos de cultivo y cosecha de productos agrícolas. Dentro de estas mejoras están las consultas mediante la generación de mapas de las variables medidas, la calibración del modelo de pronóstico de riego para los cultivos de maíz y cebolla, y la generación de mapas de dirección y velocidad del viento.

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



Mapa de temperatura.



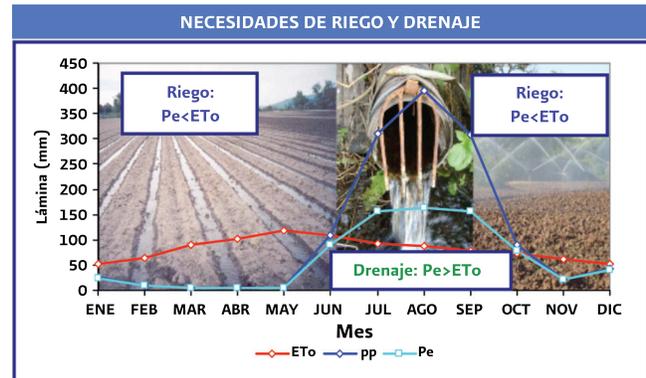
Reinicio de estación receptora.

## Nayarit

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

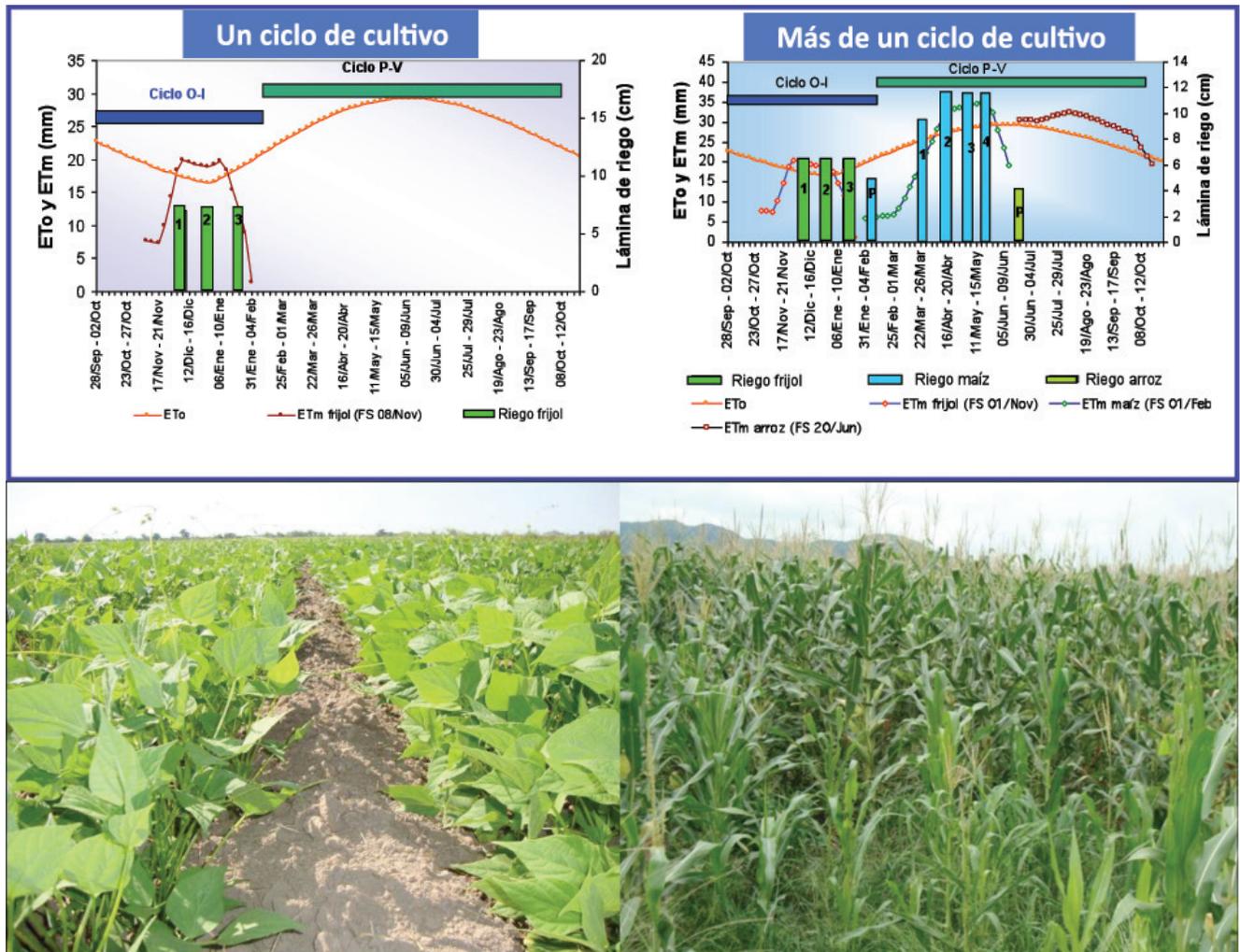
Existen diversas tecnologías para maximizar el uso de los recursos suelo y agua con el fin de incrementar la producción agrícola y mantener el equilibrio ecológico, entre las que destaca el manejo del régimen de humedad del suelo mediante el riego y drenaje en zonas tropicales subhúmedas.

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



Necesidades de riego y drenaje en zonas tropicales subhúmedas.

Con la implementación de las tecnologías de riego y drenaje parcelario subterráneo en el módulo III Margen Derecha del Río Santiago del Distrito de Riego 043, Estado de Nayarit, se demostró la factibilidad de obtener hasta tres ciclos de cultivo mediante una planeación y



Establecimiento de dos ciclos de cultivo en módulos experimentales.

ejecución apropiada, a diferencia del único ciclo que se obtiene tradicionalmente en la región. Lo anterior despertó el interés de los productores de las zonas modernizadas para lograr un uso más intensivo de la infraestructura del riego y del suelo, sin embargo, la adopción de la tecnología requiere de un proceso de varios años.

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

## Querétaro

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

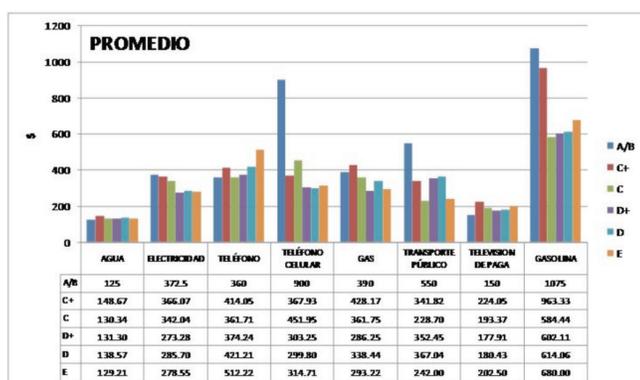
Con la finalidad de establecer un cobro justo por el servicio de agua potable que presta, la Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro (CEA) solicitó al IMTA establecer la situación socioeconómica de varios municipios del estado y evaluar el nivel socioeconómico de la ciudad de Querétaro.

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

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

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

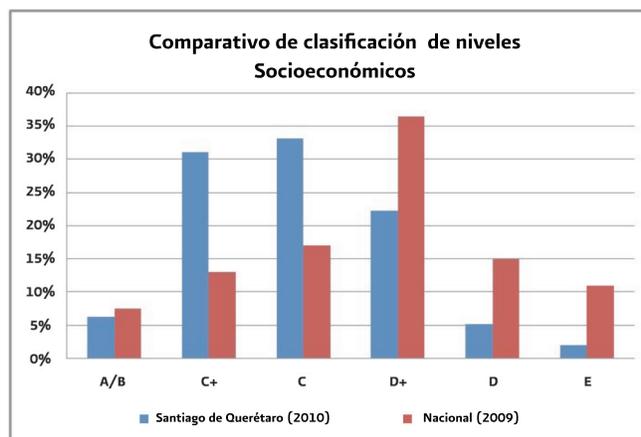
Con el NSE de los habitantes de las colonias de la ciudad de Querétaro, se podrá asignar una tarifa por cobro



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

de agua en el estado, con base en un análisis técnico y comprobable por parte de los usuarios.

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



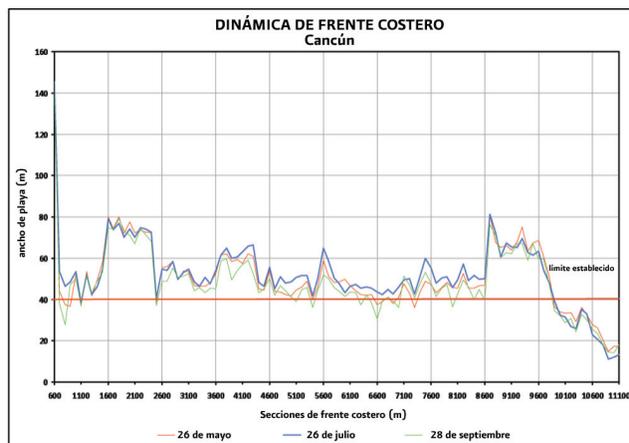
Comparativo de clasificación entre la encuesta de la zona conurbada de la ciudad de Querétaro y la encuesta a nivel nacional.

## Quintana Roo

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

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

Al respecto, los anchos de playa seca, tanto en Cancún como Playa del Carmen, se mantienen por arriba de los límites: 40 m para Cancún y 30 m Playa del Carmen, debido a que el movimiento de la arena sigue estabilizándose y no es necesario realizar acciones de mantenimiento. En cuanto a los bancos de arena, hasta el momento no muestran grandes cambios en la composición y abundancia de las especies y, además, se observa un evidente reacomodo de la arena hacia las partes dragadas. Sin embargo, es importante continuar con los monitoreos para determinar si no existen efectos sinérgicos adversos a largo plazo, hasta el momento, no detectables.



Ancho de playa medido en Cancún en 2011.

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

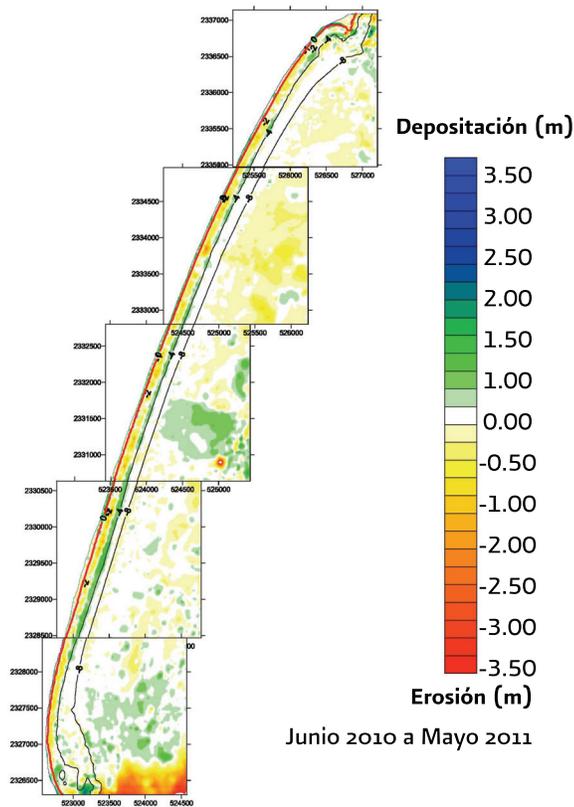
Hasta el momento, estos arrecifes no mostraron evidencias de un deterioro masivo por las acciones llevadas a cabo para la recuperación de playas de Punta Cancún y Punta Nizuc. Sin embargo, es importante continuar con el monitoreo debido a que las condiciones parecen reflejar un patrón de pobre o lenta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

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



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

modelaciones numéricas y, con base en ello, establecer posibles medidas de mitigación en el área de vertido.



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

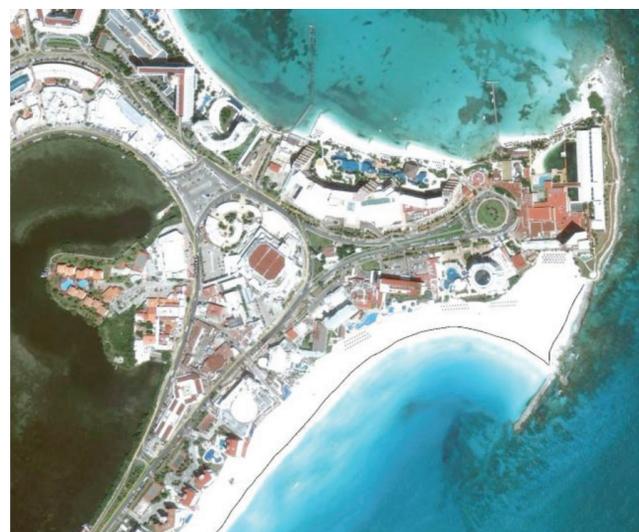
## Evaluación de la dinámica superficial de la playa seca en las zonas rehabilitadas de Cancún, y Playa del Carmen

El presente trabajo se realizó para apoyar al gobierno de Quintana Roo en la orientación de la toma de decisiones para mantener el atractivo de las zonas turísticas de playa de Cancún y Playa del Carmen. El objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios del ancho de playa en las zonas mencionadas aplicando técnicas de Geomática. La primera consistió en el desarrollo de cuatro levantamientos en campo del frente costero utilizando equipos de GPS. Se usaron receptores con los que se alcanzó una precisión de 10 cm; mediante la co-

rrección diferencial en gabinete de los datos crudos. Y la segunda consistió en la delimitación del frente costero a partir del procesamiento de 50 imágenes de satélite Spot tomadas en diferentes intervalos durante los años 2010 y 2011.

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

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



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

## San Luis Potosí

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

El Fideicomiso Ingenio Plan de San Luis (FIPSL) cuenta con una superficie de 18,000 ha de caña, principalmente de temporal. Desde hace cinco años el FIPSL utiliza 842,000 m<sup>3</sup> de agua residual generada anualmente durante la molienda, para el riego de 88 ha, sin embargo, ésta no cumple con los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y de la Ley Federal de Derechos en cuanto a la demanda química de oxígeno (DQO) y de sólidos suspendidos totales (SST), por lo que el ingenio debe pagar las multas correspondientes.

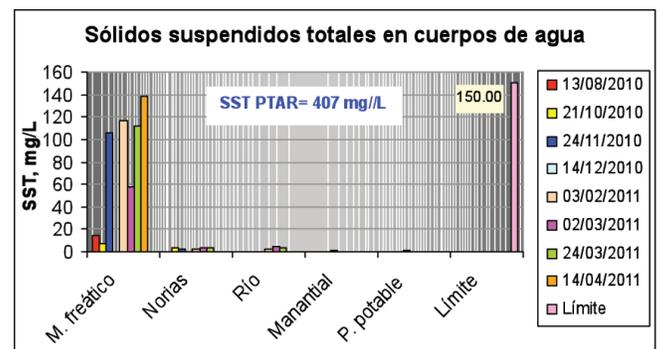
Por ello, el FIPSL solicitó al IMTA la realización de un proyecto para aprovechar eficientemente el agua residual en el riego de caña de azúcar y conocer la calidad de las aguas freáticas, y el diseño y evaluación de un sistema de riego por gravedad.

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

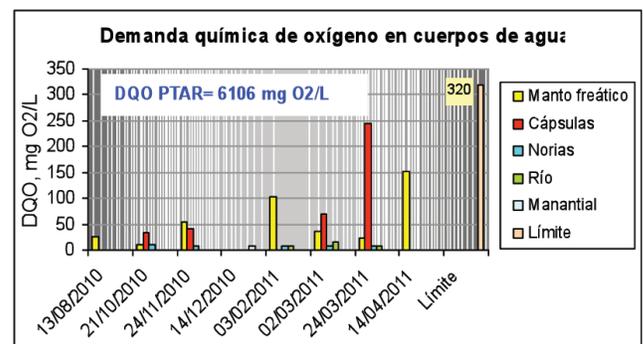
Se encontró que el humedal artificial de flujo intermitente tiene una capacidad de remoción de la DQO del 98%, de DBO<sub>5</sub> del 99%, de SST del 86%, optimización del nivel de pH del 95% y una reducción de coliformes fecales de 99%. Asimismo, los análisis físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual y de los cuerpos de

agua aledaños al ingenio indican que el riego con agua residual de caña de azúcar no afecta los suelos irrigados con esta agua, ni a los cuerpos de agua aledaños al ingenio. Por ello, se concluye que el humedal artificial disminuye los valores de los parámetros hasta niveles dentro de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y de la Ley Federal de Derechos.

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



Variación temporal de sólidos suspendidos totales en cuerpos de agua.



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

## TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES

### Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA)

#### Península de Yucatán

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

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

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



Levantamiento de fichas.



Tala de árboles para producción de carbón.

La elaboración del plan, con un primer periodo de actuación 2011-2020, implicó reuniones en los 127 municipios que conforman la península. Durante dichas reuniones, se realizó el levantamiento de 2,119 fichas de proyectos. En el proceso participaron más de 1,000 personas: 220 en Campeche, 97 en Quintana Roo y 603 en Yucatán. Los proyectos se consensuaron y validaron por un grupo de ochenta expertos durante un taller realiza-

do en Telchac Puerto, Yucatán. Adicionalmente, se realizó un taller para la selección de Indicadores en Cancún, con la participación de cuarenta expertos, resultando 15 indicadores, en promedio dos por problema prioritario. Del análisis económico se deriva la necesidad de llevar a cabo una inversión \$34,992.7 millones de pesos.

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

## Cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán

### Coordinación técnica del programa, sistematización de la experiencia y difusión

Durante las tres etapas del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se llevó a cabo la supervisión técnica y financiera de los 53 proyectos emanados del plan estratégico que ha ejecutado directamente el IMTA bajo el patrocinio de la FGRA. Para el adecuado registro de la información que se generó como resultado de las actividades implementadas en la cuenca, se crearon herramientas que permitieran evaluar y dar seguimiento de manera práctica y confiable del impacto de las diversas acciones instrumentadas para su posterior análisis y difusión. Con esta finalidad, se creó la batería de Indicadores de Sustentabilidad Ambiental. Estos indicadores se incorporaron en un módulo de reportes para realizar consultas de la información en forma tabular y gráfica, además de visualizar el estado positivo o negativo de los datos en un semáforo ambiental. Asimismo, se desarrolló un Sistema de Información Geo-

gráfica (SIG) con información espacial y cartográfica generada de los proyectos que conforman el programa, con la finalidad de facilitar el acceso, análisis, gestión y la representación de la misma de forma inmediata.

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

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



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

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

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

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



Beneficiarios instalando tecnología apropiada: bicibomba. Yotatiro, Erongarícuaro.

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

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

humedales artificiales instalados en la cuenca, además de que se brindó respaldo y apoyo técnico para garantizar su adecuada operación y mantenimiento.

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



Muestreo de efluentes.



Medición de tiempos de residencia hidráulica.

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

## Modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en Arócutin, San Francisco Uricho y Napízaro, Erongarícuaro

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



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



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

plementación de sistemas comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano.

Las acciones realizadas permiten la captación y el almacenamiento de 1,800 m<sup>3</sup> de agua de lluvia, esto distribuido en ocho cisternas de 100 m<sup>3</sup> y una de 1,000 m<sup>3</sup>, beneficiando a 2,000 habitantes. Los impactos generados por el proyecto han permitido sensibilizar a la población sobre la importancia que tiene aprovechar el agua de lluvia, resaltando el amplio potencial de aplicación en el abastecimiento de agua para consumo humano y la garantía de su disponibilidad durante todo el año.

## Proyecto modelo para el manejo integral del agua en San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzironaro

Es un proyecto multianual (2008-2011) desarrollado bajo el patrocinio de la FGRA en las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzironaro, Quirigua, con el objetivo de establecer un modelo integral para el manejo del agua.

Las acciones realizadas se orientaron a la gestión comunitaria e implementación de Infraestructura de almacenamiento de agua de lluvia, servicios sanitarios, mantenimiento y conservación de manantiales, esquemas de bombeo fotovoltaico, tratamiento de agua con métodos de desinfección solar y esquemas de bombeo con bicibombas.

Las obras realizadas permitieron incrementar la capacidad de almacenamiento en 625 m<sup>3</sup> en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro, y en 210 m<sup>3</sup> en la comunidad de San Andrés Tzironaro. En materia sanitaria, se implementaron servicios sanitarios a nivel vivienda mediante 29 baños ecológicos secos en San Jerónimo Purenchécuaro y 23 en San Andrés Tzironaro. Como complemento, se recorrieron manantiales de cada comunidad y, en coordinación con autoridades, se realizaron acciones de limpieza y protección con mampostería y malla ciclónica.

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

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

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

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

Como parte de estas actividades, se instalaron 258 cisternas de diferentes dimensiones (11, 20 y 50 m<sup>3</sup>), e igual número de sistemas de captación de agua de lluvia en el periodo de 2008 a 2011 (81 cisternas en 2011),



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

lo que da un total de capacidad de almacenamiento de 3,705 m<sup>3</sup> (891 m<sup>3</sup> en 2011), y un total de 1,994 beneficiarios directos (803 beneficiarios en 2011) en seis comunidades de los municipios de Tanlajás y San Antonio en San Luis Potosí.

## Método formación con valores para la vida, Armando Prida Huerta

### Generación de contenidos para los temas que integran el Método

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

El método aborda temas diversos, tales como ética y valores en todas las áreas de la vida; la familia; la educación, cultura y legalidad; derechos humanos; violencia; acoso escolar; responsabilidad y cumplimiento; ecología

y medio ambiente; sociedad y política; corrupción e impunidad; medios de comunicación y nuevas tecnologías; sexualidad; diversidad; salud, seguridad; productividad; economía; transporte público, entre otros.

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

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



## Minera Carbonífera Río Escondido

### Validación del programa de actividades de MICARE

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

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

la región. Con base en lo anterior, MICARE implementó un sistema de vigilancia.

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

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



Extracción de carbón en tajo.



Extracción de carbón en mina.

## Bacardí y Compañía, S. A. de C. V.

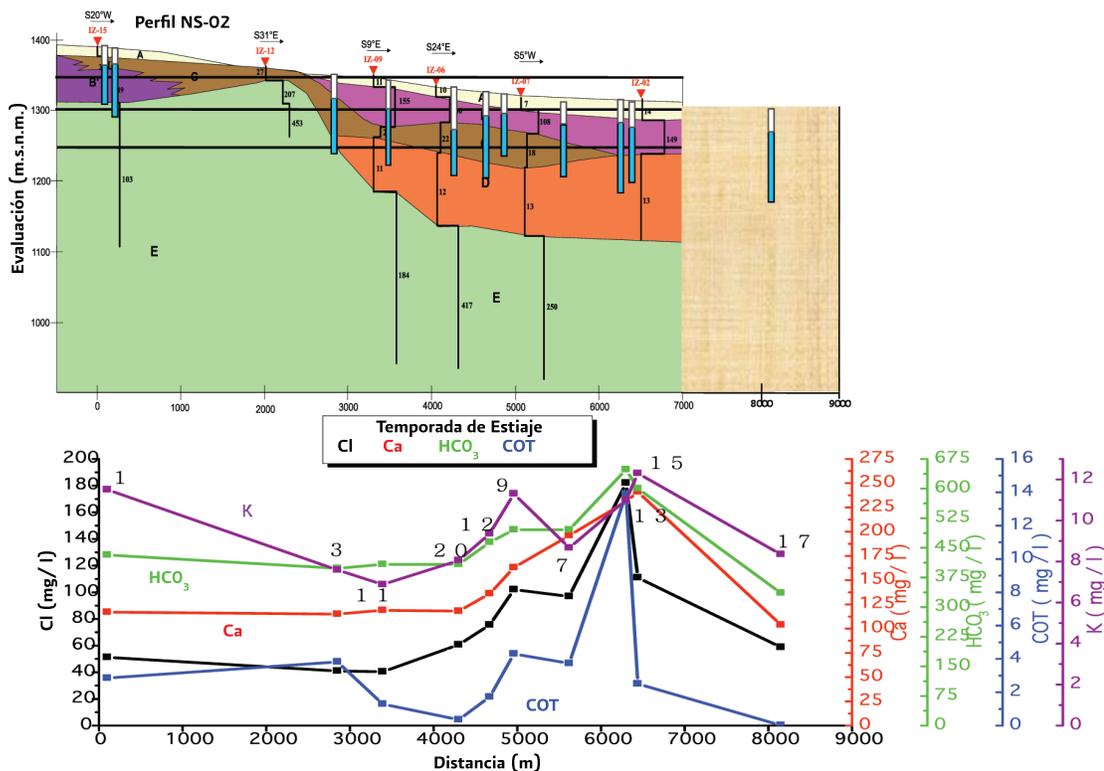
### Caracterización de la posible contaminación de las aguas subterráneas por el riego con mezcla de vinaza y aguas subterráneas en la zona de La Galarza, Izúcar de Matamoros, Puebla

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

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

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

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



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

## COOPERACIÓN TÉCNICA INTERNACIONAL

### Unión Europea

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

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

Asimismo, se encuentra en proceso el documento de estudio de factibilidad de aplicación de tecnologías en Xochimilco, basado en los datos de entrevistas y encues-



Viviendas en el barrio La Conchita, Xochimilco.



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

tas, y este estudio de factibilidad también será comparable al caso argentino. Por otro lado, se realizó un taller de intercambio de experiencias en coordinación con la Asociación de Empresas de Agua y Saneamiento.

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

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

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

Como punto focal en México de RALCEA, el IMTA cumplió con una serie de funciones sustantivas: la definición de la red de centros de excelencia en el país, par-

tipicando en el proceso de selección de dichos centros y el establecimiento de los respectivos planes de actividades; la implementación de la estrategia de desarrollo de capacidades en la región, para lo cual se impulsó la realización de talleres y seminarios en los temas identificados, y el establecimiento de esquemas de asociación e intercambio, con el fin de mejorar la coordinación del trabajo de investigación de los centros asociados, y de reforzar el entendimiento mutuo entre las áreas científicas y técnicas y la toma de decisiones para el desarrollo de políticas públicas.

## UNESCO

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

# SEMINARIO 2011

La Cátedra UNESCO-IMTA ha desarrollado diversas actividades enfocadas en generar mecanismos eficientes de creación y transferencia de conocimiento en el sector agua. Como parte de este objetivo se llevó a cabo el cuarto Seminario Anual 2011 con el tema “Agua y sociedad del conocimiento: Enfoques sobre gobernanza y políticas públicas del agua”. El evento se realizó en el Colegio de México, contó con la participación de 120 personas y fue transmitido por Internet en vivo. Las ponencias en video y las presentaciones se encuentran en la página del seminario ([www.atl.org.mx/seminario](http://www.atl.org.mx/seminario)).

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

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

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



## Programa Hidrológico Internacional (PHI)

El Comité Nacional Mexicano del Programa Hidrológico Internacional (CONAMEXPHI) es un programa intergubernamental a largo plazo concebido en fases sucesivas. Se centra en los aspectos científicos y educativos de la

hidrología y de la gestión de los recursos hídricos y se basa en un enfoque interdisciplinario e intersectorial del mismo. El IMTA es sede del Comité Nacional Mexicano del PHI que tiene como función el apoyo de las ciencias hidrológicas para su avance y transformación.

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

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

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

## OCDE

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

## Estados Unidos de América

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

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

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

## Japón

En el marco del Programa Conjunto México-Japón, bajo el esquema de Capacitación a Terceros Países, el IMTA, en coordinación con Japan International Cooperation Agency (JICA) y la Secretaría de Relaciones Exteriores,

impartió la primera y segunda edición del curso internacional *Sistemas naturales de tratamiento de aguas y lodos residuales, su reúso y aprovechamiento*, a siete países de América Latina. En este contexto, se capacitaron a 14 participantes.

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



## Australia

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

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

## Haití

A instancias de la Secretaría de Relaciones Exteriores, en el marco del proyecto *Fortalecimiento institucional del Observatorio Nacional de Medio Ambiente y Vulnerabilidad*, entre el IMTA y el ONEV/Ministerio de Medio Ambiente, se impartió un diplomado en Hidrometeoro-

logía a seis expertos de ese país en el manejo de observaciones meteorológicas prácticas y generación de capacidad en interpretación de los productos de pronóstico. Asimismo, se impartió el curso *Hidrogeoquímica aplicada* a cincuenta técnicos.

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



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

## Colombia

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

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

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

## Holanda

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

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

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

## Gran Bretaña

### Impacto del cambio climático en la calidad del agua

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

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

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

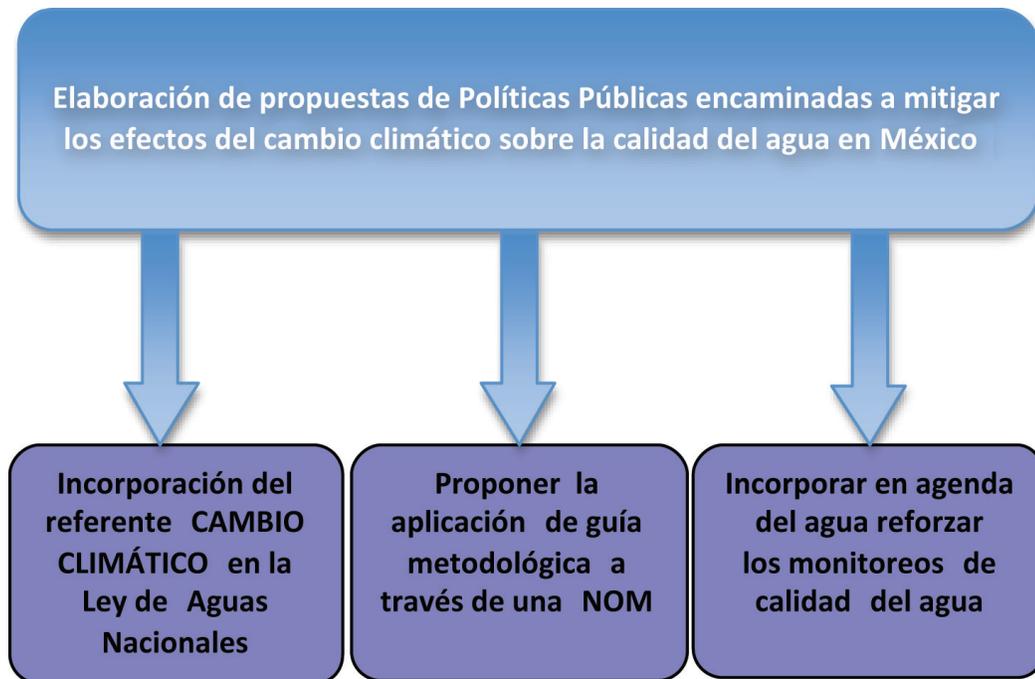
En los trabajos realizados para detectar impactos, en México se ha determinado un incremento en la temperatura de los cuerpos superficiales de agua de 1 °C, cuyo efecto será importante en ríos y lagos con nivel alto de contaminación antropogénica.

La aplicación de la metodología desarrollada, que tiene como soporte el análisis estadístico de la base de datos de la calidad del agua de la CONAGUA y reuniones

de trabajo con las dependencias involucradas, dio como resultado la propuesta de las siguientes medidas de adaptación, así como las políticas públicas que deberían implementarse para mitigar dichos efectos: a) fortalecer el monitoreo de la calidad del agua para generar la información que permita la mejor toma de decisiones, b) integrar un programa de monitoreo de calidad del agua a nivel nacional que sea consistente y se cumpla en tiempo y forma, c) inclusión y adaptación de la legislación al cambio climático, d) elaboración de una legislación y de marcos normativos que contemplen el cambio climático,

e) apoyo financiero a acciones de mitigación, f) mejora en el manejo de los sistemas públicos de agua, g) gestión integrada de agua superficial y subterránea, h) adopción de tecnologías mejoradas, i) separación de drenajes sanitarios y pluviales, j) tratamiento de agua residual y k) captación de agua de lluvia.

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



Esquema resultante del análisis realizado para la propuesta de políticas públicas.