

# Asesoría y desarrollo tecnológico

## Colaboración con la SEMARNAT

### *Creación de la Biblioteca Digital SEMARNAT*

Se creó la Biblioteca Digital SEMARNAT con el propósito de transparentar y facilitar el acceso de la ciudadanía a la información ambiental, generada por la Secretaría. Esta biblioteca se aloja en el Centro de Conocimiento del Agua (CENCA) del Instituto (<http://cenca.imta.mx>).

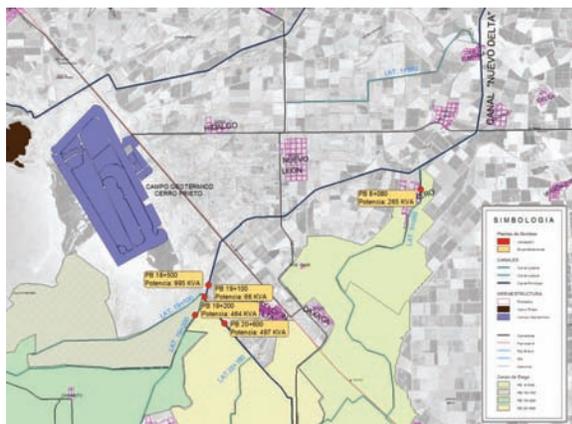
En la primera etapa se incorporaron los acervos bibliográficos del CENCA, del Centro de Información para la Gestión Ambiental y del Centro de Capacitación para el Desarrollo Sustentable, de la SEMARNAT. Con ello, se agruparon 28,862 registros, de los cuales 25,500 se vinculan con los respectivos documentos digitalizados. Asimismo, se elaboró un manual de procedimientos bibliotecarios con el fin de normalizar los procesos de los centros de información que conforman la biblioteca y se capacitó al personal en la administración del sistema y en los procedimientos de catalogación, clasificación e indización.

En la siguiente etapa, se incorporarán otras bibliotecas de la SEMARNAT, se estandarizarán los registros bibliográficos e implementarán nuevos servicios de información digitales.

## Colaboración con la Comisión Nacional del Agua

### *Operación segura del Canal Nuevo Delta, distrito de riego 014 Río Colorado, Baja California*

En los últimos años el canal Nuevo Delta, fundamental en la operación del distrito de riego, ha presentado hundimientos sistemáticos desde 0.4 m hasta 2.5 m en un tramo de 16 km de longitud. Para solucionar este problema, desde 1985 hasta 2004, se sobreelevaron sus bordos en diferentes tramos con objeto de garantizar el suministro de agua para las poblaciones y las zonas de riego. Con el fin de contrarrestar los efectos del hundimiento del canal Nuevo Delta y de reducir el riesgo de ruptura, el IMTA realizó un análisis de alternativas de tecnificación cuyos resultados indican que es necesario bajar de manera inmediata los niveles de operación y construir, en una primera etapa, cinco plantas de bombeo con una potencia máxima de 1,300 kv, las cuales permitirán abatir al menos 2 m el nivel de operación en la zona de máximos hundimientos. En una segunda etapa se propone modernizar y tecnificar la zona de riego de tres módulos mediante sistemas de alta y baja presión, compactar áreas de riego y reconvertir el patrón de



Ubicación del Canal Nuevo Delta.

cultivos actual. En 2008, el IMTA concluyó el proyecto ejecutivo de la primera planta de bombeo y brindó apoyo técnico a la CONAGUA en la construcción del cárcamo de bombeo.

## **Análisis de la infraestructura hidráulica de alcantarillado y saneamiento en Acapulco de Juárez, Guerrero**

Para la ciudad de Acapulco de Juárez se realizó un análisis de la infraestructura hidráulica de alcantarillado y saneamiento; se llevó a cabo una

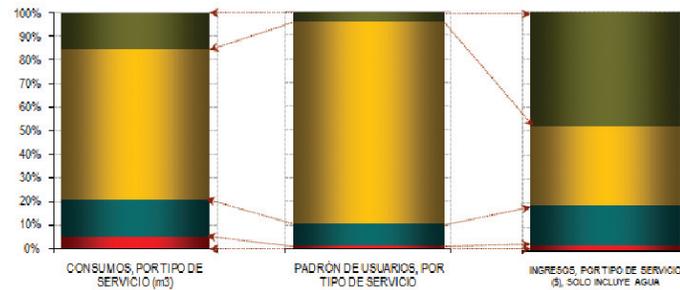


Construcción de la planta de bombeo del km 19+200.

evaluación de la calidad bacteriológica del agua en fuentes de abastecimiento para consumo humano; y se elaboró un plan de acción para que el organismo operador alcance, en el mediano plazo, la sustentabilidad técnica y financiera. Entre las acciones propuestas destacan la reestructuración del organismo debido a la duplicidad de funciones y al exceso de personal, la ciudadanización del consejo de administración y las siguientes recomendaciones técnicas: rehabilitar y ampliar la infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento; reducir



Falta de equipo de protección.



Los usuarios domésticos son los que más consumen y menos pagan.

y controlar las pérdidas físicas, así como disminuir pérdidas comerciales con el fin de generar ingresos suficientes para la sustentabilidad técnica y financiera del organismo.

## ***Inventario Nacional de Obras de Protección***

El conocimiento sobre las obras de protección en cauces brinda la información necesaria para asegurar las obras de infraestructura hidráulica contra daños por crecientes. Asimismo, estos datos son indispensables para determinar los presupuestos para la conservación de las obras y valorar los beneficios a favor de las poblaciones y áreas productivas. Sin embargo, la información disponible tiene serias limitantes atribuibles a la antigüedad de las obras y a la reducción del número de técnicos encargados, la pérdida de expedientes de obras, la carencia de espacios físicos de archivos y memoria histórica y escasa tecnología de registro y seguimiento de obras. Para ayudar a enfrentar esta problemática, la CONAGUA encargó al IMTA elaborar un inventario de obras de protección a nivel nacional. Para ello, la mejor fuente

de información fueron las direcciones locales de la CONAGUA a las que se solicitó información acerca de las obras de protección a su cargo. Se recopiló información con detalle de 1,200 obras de control entre presas, bordos y encauzamientos. Se visitaron cerca de cien obras para verificar su información de gabinete, diagnosticar su estado de conservación y funcionamiento hidráulico, y tomar registros de posicionamiento, fotográficos y de video de obras de protección importantes en el Organismo de Cuenca o en la Dirección Local de la CONAGUA. El inventario se presenta en tres formatos: una base de datos con la información relativa a cada obra de infraestructura; un sistema de información geográfica, tanto en la plataforma del SIGA que emplea la CONAGUA, como



Reforzamiento de cauce con colchacreto.



en el *Google Earth*, y un libro. Se diseñó una ficha de captura electrónica de las obras para registrar las faltantes e incorporar las nuevas, a fin de completar y mantener actualizado el inventario, y una herramienta de rápida localización y recorrido de las obras en el sistema *Google Earth*, sistemas que estarán disponibles en la Comisión Nacional del Agua.

## ***Modelos físicos de obras de excedencia de las presas Vista Hermosa, Jalisco y El Hervidero, Colima***

Dentro de las instalaciones del laboratorio de hidráulica *Enzo Levi*, se realizaron dos modelos físicos de las obras de excedencias de las presas Vista



Modelo físico del vertedor de la presa El Hervidero, Colima.  
Funcionamiento para gasto máximo  $Q = 307 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Hermosa, Jalisco y El Hervidero, Colima. Mediante ellos se revisó y analizó el comportamiento del flujo sobre cada vertedor, y se estableció una serie de recomendaciones a través de diversas adecuaciones al diseño. Para la presa Vista Hermosa se recomendó modificar la sección transversal y ampliar el ancho del canal colector (de 10 a 13 m), y en el caso de la presa El Hervidero se propone cambiar el nivel de plantilla y ampliar el ancho del canal colector pasando de 8.5 a 10 m. Estos ajustes, obtenidos mediante investigación experimental, representan cambios sustantivos en los datos del proyecto y garantizan la seguridad de la obra.

## ***Preinversión de la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco de Tula, Hidalgo***

Se realizó el estudio de preinversión de la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco de Tula, proyectada para tratar  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  del agua residual proveniente de la zona metropolitana de la ciudad de México, que representa casi el 50% del volumen generado. El estudio contempla una propuesta de ingeniería básica que incluye caracterización, aforo y pruebas de tratabilidad de las aguas residuales que llegarán a la planta de tratamiento. Se seleccionaron seis sitios de muestreo para la época de estiaje: Vaso de Cristo; estación de bombeo de CONAGUA; río El Salto, Estación la Virgen, antes de entrar a túneles;



Pruebas de tratabilidad: Sedimentación primaria.

Gran Canal después del canal Cartagena; río de la Compañía y Gran Canal, en la intersección con el río De los Remedios (Km 10+600). Para la época de lluvias se incluyó un séptimo sitio: Portal de Salida.

## ***Trabajos previos a la construcción de la presa El Zapotillo, Los Altos, Jalisco***

La construcción de la presa El Zapotillo se localiza sobre el Río Verde, en los límites de los municipios de Yahualica de González Gallo y Cañadas de Obregón, ambos del estado de Jalisco. La CONAGUA, a través del Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico, convino con el IMTA la ejecución de un proyecto integral de estudios básicos, topográficos y sociales; en particular los trabajos relacionados

con el levantamiento topográfico de la poligonal envolvente de las superficies que ocupará el embalse, zonas federales y de protección, así como el contacto y comunicación con la población con miras a la recopilación e integración de documentos que forman los expedientes de los dueños de los predios afectados por la construcción de la presa. Las actividades de este proyecto concluirán en 2009.

Además de lo anterior, se brindó apoyo técnico para lograr la integración de los proyectos ejecutivos para la construcción de carreteras, puentes y líneas de transmisión afectadas por la obra, así como para la reubicación de los centros de población para Acásico y Palmarejo que se inundarán por el llenado de la presa.

Este proyecto es multianual, y a la fecha se continúa con la entrega a la CONAGUA de expedientes, se ha realizado un total de 1,190 visitas a afectados por la obra y se ha concluido la poligonal topográfica, base del decreto de expropiación.



Topografía del área de embalse de la presa El Zapotillo.



## Reestructuración del sitio web del área de medición de presas

Para aumentar la eficacia y utilidad de la medición de caudales de presas se mejoró el sistema de monitoreo gracias a la reestructuración del sitio web (<http://cna.imta.mx>) el cual, además de contar con una versión más amigable, presenta una mejoría en cuanto al despliegue de los datos que ahora se muestran gráficamente. Por otro lado, el nuevo sitio permite efectuar reportes de fallas vía Internet.



Portal del sistema para monitoreo de presas

## Certificación y acreditación de inspectores

Se llevó a cabo la certificación y acreditación de cuarenta inspectores de la Subdirección General de

Administración del Agua, adscritos a organismos de cuenca y direcciones locales de la CONAGUA, en muestreo de descargas de agua residual a cuerpos receptores de propiedad nacional con base en un sistema de gestión de la calidad, con la finalidad de obtener el acreditamiento en muestreo y aforo de descargas de agua residual ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. (EMA).

Se instruyó a 39 inspectores en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, se actualizó a 36 inspectores en la ejecución de muestreo de agua residual en descargas a cuerpos receptores y en la medición de parámetros de campo.

El IMTA certificó en competencia laboral a 34 inspectores en la norma de muestreo. Con ello se contribuyó a la actualización profesional del personal que desempeña estas funciones.



Inspectores en evaluación para la Certificación de la Competencia Laboral, por parte del IMTA.



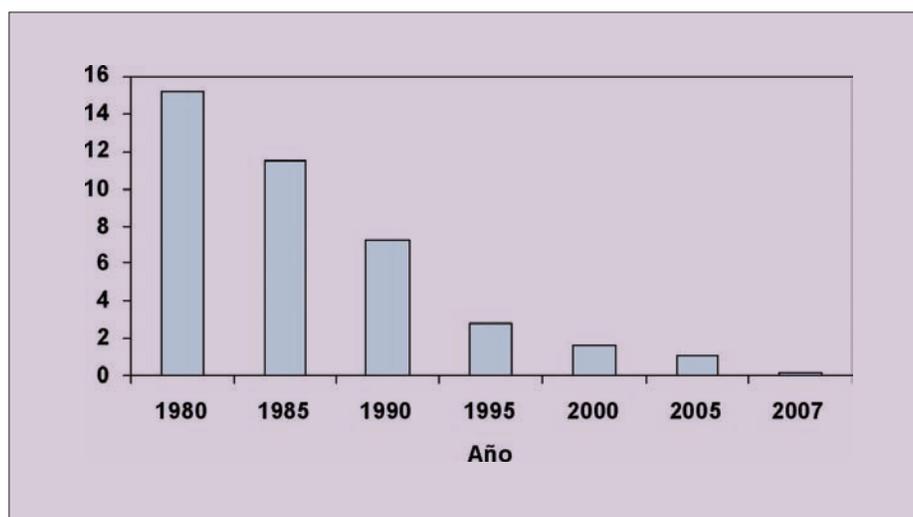
## Programa Agua Limpia

Se evaluó la ejecución y resultados del Programa Agua Limpia, a cargo de la CONAGUA, y cuyo principal propósito está en asegurar la calidad del agua para consumo humano. Las conclusiones de este trabajo comprueban que programas como este son relevantes, dado que han mostrado resultados favorables, coadyuvando en la disminución de las tasas de mortalidad y morbilidad por enfermedades infecciosas gastrointestinales, principalmente en menores de cinco años y en localidades con alto y muy alto índice de marginalidad. No obstante, el problema persiste, por lo que es necesario continuar el fortalecimiento en la cobertura de desinfección del agua de consumo y ampliar las actividades a rubros tales como la vigilancia de cultivos irrigados con agua de reúso e implementar acciones para asegurar la calidad química del agua suministrada a la población.

## Evaluación ex post de tres proyectos

El Instituto realizó la evaluación ex post de tres proyectos: Presa Ortega para control de avenidas, Irapuato, Gto.; Zona de riego El Comalillo, Hgo., y Zona de riego y red de drenaje del río Coahuayana, Colima. El procedimiento consistió en una comparación cuantitativa y cualitativa entre lo planificado y lo realizado, mediante el análisis de factores técnicos, sociales y financieros que intervinieron en la consecución de los logros del proyecto.

Como resultado, se obtuvo un análisis costo beneficio de la situación actual respecto del proyecto original, la estimación del impacto social del proyecto original en la zona de estudio y la revisión técnica, la identificación del grado de operación y funcionalidad de las obras de infraestructura que se concluyeron.



Tasa de mortalidad por enfermedades diarreicas en los quinquenios de 1980 a 2005 y en el año 2007, en la República Mexicana.



Además de la evaluación ex post, se plantearon propuestas dirigidas a mejorar el desempeño de cada uno de los proyectos, concretamente durante el tiempo restante de su operación, así como recomendaciones para identificar la falta de alineación en el ciclo de los proyectos, con el fin de mejorar el proceso de evaluación ex ante de los proyectos y programas hidroagrícolas y de control de inundaciones que implementa la Comisión Nacional del Agua.

## ***Sistema de cómputo para la evaluación de proyectos hidroagrícolas***

Para unificar los criterios de evaluación socioeconómica de proyectos hidroagrícolas nuevos, se diseñó un sistema de cómputo basado en la aplicación del modelo y la norma correspondientes. Antes que en los procesos de cálculo, el sistema centra sus capacidades en facilitar los procesos de validación. También, se elaboraron los correspondientes manuales de usuario y de instalación del sistema.

Mediante cuatro cursos impartidos en el Instituto, se capacitó a 25 evaluadores de los organismos de cuenca y las direcciones locales en el manejo y aplicación del sistema a casos reales.

## ***Dictamen sobre factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto Zona de mitigación y rescate ecológico en el lago de Texcoco***

Para cumplir con las disposiciones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la CONAGUA solicitó al IMTA dictaminar la factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto *Zona de mitigación y rescate ecológico en el lago de Texcoco*. Del análisis del proyecto y la documentación complementaria se concluye que es factible, desde un punto de vista técnico y ambiental, la estrategia contemplada para disminuir, mitigar o controlar las tolvaneras mediante pastización y cortinas rompevientos con el apoyo de sistemas de riego y drenaje. Esta estrategia se sustenta en la metodología que desde 1971 se aplica en el Programa de Rescate Hidroecológico del Lago de Texcoco. El análisis de los costos y beneficios del proyecto indicó que su rentabilidad mantenía valores aceptables, aun ante eventualidades que impliquen algunos incrementos en los costos de inversión, operación y mantenimiento, por lo tanto el proyecto se declaró también factible económicamente.



## Colaboración con la Comisión Federal de Electricidad

### Trabajos derivados de la contingencia en el río Grijalva

- **Aforo del canal construido para restablecer el flujo entre las centrales hidroeléctricas Peñitas y Malpaso**

El 4 de noviembre de 2007 ocurrió un deslizamiento en la ladera derecha del río Grijalva, en Chiapas, entre las centrales hidroeléctricas Ángel Albino

Corzo (Peñitas) y Nezahualcóyotl (Malpaso), que obstruyó el cauce del río y formó una ola de unos 50 m de altura que arrasó con el poblado San Juan del Grijalva en el municipio de Ostuacán, Chiapas. En atención a esta contingencia se construyó un canal para restablecer el flujo de agua. Con la finalidad de conocer la magnitud de dicho flujo, el Instituto estableció para la CFE un sistema de aforo del tipo ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) montado en una pequeña embarcación. Como parte de estos trabajos se realizaron cinco campañas de medición con aforos cada tres horas durante siete días.

Posteriormente y con el fin de aforar de manera continua, se diseñó e instaló un sistema fijo del tipo acústico de efecto *Doppler* de la marca ADCP-SL de 0.5 Mhz, montado en un costado del canal. El equipo se instaló en una sección del río con una profundidad máxima de 14 m y un ancho de 180 m. Para asegurar el correcto aforo del caudal, de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la norma ISO/TS 24154, se realizó la calibración del sistema en campo. La incertidumbre expandida ( $p = 0.95$ ) del sistema en la determinación del caudal fue de 7.8 por ciento.



Aforos en el canal San Juan de Grijalva.



Aforos en el canal San Juan de Grijalva.



- **Dictamen de factibilidad ambiental para el proyecto Contingencia Río Grijalva-túneles de conducción-desastres naturales**

Derivado de la situación antes descrita, se realizó el dictamen de factibilidad ambiental para el proyecto *Contingencia Río Grijalva-túneles de conducción-desastres naturales*, cuyo objetivo fue determinar la factibilidad ambiental de la construcción de dos túneles de conducción de sección portal de 14.0 x 14.0 m cada uno con una longitud aproximada de 1,140.13 m, diseñados para transitar una avenida con un gasto de entrada de aproximadamente 1,500 m<sup>3</sup>/s y revestidos con concreto hidráulico

en la plantilla y con concreto lanzado en bóveda. El volumen de los materiales de extracción se estimó en 1,526,000 m<sup>3</sup>. El estudio determinó la factibilidad ambiental correspondiente a los túneles de conducción una vez que se tomaron en cuenta la atención interinstitucional de la emergencia, las instalaciones en el sitio (campamentos y maquinarias), las capacidades de manejo de materiales producto de la excavación y el apego a la normatividad ambiental y su cumplimiento secuenciado y continuo durante las tres etapas previas: 1<sup>a</sup>) excavación de un canal sobre el cauce, 2<sup>a</sup>) ampliación de la plantilla del canal anterior y 3<sup>a</sup>) excavación de una zanja-dren y una galería de drenaje en la ladera derecha para drenar de forma eficiente, a través de una red de barrenos, la masa deslizada que no se precipitó al río. La construcción de estos túneles representa la cuarta etapa de atención al deslizamiento.



Sitio de estudio de factibilidad ambiental de la construcción de túneles en el río Grijalva, Chiapas.



- **Comité Interinstitucional para Atención de la Contingencia en San Juan de Grijalva**

A partir del deslizamiento de suelos en San Juan de Grijalva, el gobierno de la República estableció un comité técnico, encabezado por la CFE e integrado por las instituciones y expertos más destacados en ingeniería hidráulica, para atender y dar seguimiento a esta contingencia, hasta su solución.

El Instituto participó en el análisis de información, integración de datos de medición, pronóstico meteorológico de corto y mediano plazos, recomendaciones para el drenado de la masa desplazada, entre otras acciones. La contribución del IMTA, aunada al aporte de otras instituciones, mereció un reconocimiento de la Unión de Asociaciones de Ingenieros de México.



## ***Estudios para el aprovechamiento hidráulico integral de usos múltiples en el Sistema Ambiental Regional Paso de la Reina, Oaxaca***

La cuenca del río Verde, en cuyo cauce se sitúa el proyecto Paso de la Reina, pertenece a la Región Hidrológica Núm. 20 y drena un área de 18,277,00 km<sup>2</sup>. La CFE ha reconocido su potencial hidroeléctrico y por ello ha planteado, entre otros, estudios de factibilidad ambiental por presentar condiciones favorables en cuanto a disponibilidad de agua, geología aparentemente adecuada y esquemas hidroeléctricos convencionales. Este tipo de proyectos debe someterse a una Manifestación de Impacto Ambiental regional para dictamen de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Con el propósito de asegurar la sustentabilidad del proyecto, se convocó al IMTA a realizar un conjunto de estudios para integrar un diagnóstico que permita conocer el estado que guarda el medio ambiente en la zona del proyecto, así como identificar, describir y evaluar preliminarmente los impactos ambientales en las áreas de afectación directa y en las de influencia.

Para ello, se realizaron los correspondientes estudios hidrológicos, hidrogeoquímicos, fluviales, de



hidrodinámica lagunar-costera, de manejo de cuenca, de los sistemas de riego, de caudal ecológico, de calidad del agua superficial, de contaminación difusa de las lagunas de Chacahua, además del desarrollo del sistema de información geográfica.

Con estos trabajos la CFE cuenta con información detallada como sustento para las siguientes etapas del proyecto.

- **Estudios hidrológicos**

Al considerar como escenario la existencia de tres embalses sobre el río Verde, dos de los cuales tendrán uso no consuntivo (Paso de la Reina y presa Cambio de Régimen) y otro ya existente (Derivadora Flores Magón) se debe tomar en cuenta la modificación en el transporte de sedimentos en el sistema. En ese sentido, se caracterizó cualitativa y cuantitativamente el régimen hidrológico del río Verde, antes y después de la operación de la presa Flores Magón. El escurrimiento medio anual en Paso de la Reina se calculó en 5,071,7 hectómetros cúbicos.



Secciones levantadas en río Verde.

- **Hidrología subterránea**

El agua que captan los pozos de ambas márgenes del río es de origen pluvial proveniente de las zonas montañosas de la cuenca del río Verde. En la porción localizada al sur de San José del Progreso, los pozos captan componentes importantes de agua subterránea que ha sufrido evaporación intensa antes de infiltrarse, producida por retornos de riego y/o riego rodado. Existe evidencia en un pozo de la población de Chacahua de la existencia de flujos subterráneos profundos, provenientes de zonas elevadas de las partes montañosas. Los estudios isotópicos indican que la recarga del acuífero en la zona del distrito de riego proviene fundamentalmente del río Verde.



Perforación de piezómetros.



## • Estudios hidrogeoquímicos

Incluyeron sondeos transitorios electromagnéticos, un censo de aprovechamientos, nivelación de brocales, pruebas de bombeo, la caracterización geoquímica e isotópica de aprovechamientos de agua subterránea, fotogeología de la zona de estudio, perfiles de salinidad en la vertical y la construcción de pozos de monitoreo. Los resultados establecen que el acuífero está limitado por rocas ígneas y metamórficas que funcionan como barreras laterales al flujo del agua subterránea.



Muestro de aguas subterráneas.

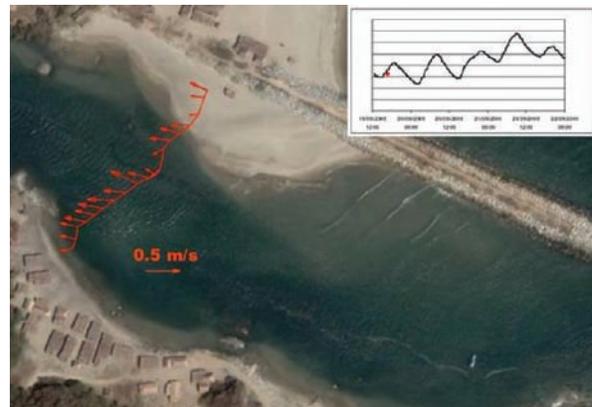
## • Estudios fluviales

Otro elemento de juicio en el análisis de los impactos del proyecto sobre el río Verde es la caracterización de los escurrimientos bajo las condiciones actuales. Para ello es fundamental conocer el tipo de material que conforman las márgenes y el lecho del río, así como el comportamiento del flujo en los diversos tramos. Se muestrearon y analizaron más de trescientos sitios, encontrándose en proceso el análisis de resultados. Además, se generó la topobatimetría faltante en

siete secciones y se obtuvieron sus características hidráulicas, mismas que alimentan al modelo *HEC-RAS*. Se trabaja en la determinación las zonas de erosión y acumulación bajo diversas condiciones de escurrimiento; toda esta información se emplea para calibrar el modelo hidrodinámico y ajustar los escenarios de modificación del patrón de los escurrimientos en el río Verde por la presencia del proyecto hidroeléctrico.

## • Hidrodinámica lagunar-costera

Se realizaron mediciones sistemáticas de las variables ambientales (físicas y geológicas) y la modelación hidrodinámica del frente costero y del sistema Chachua-Pastoría. Durante septiembre se observaron escurrimientos importantes del río Verde hacia el mar y de la cuenca hacia las lagunas de Chachua y Pastoría. Es indiscutible el aporte a la productividad pesquera que significa el flujo de sedimentos del río Verde a la zona costera y la contribución de agua dulce a las lagunas.



Distribución de velocidades en la boca, septiembre 2008.



- **Calidad del agua**

Con base en los criterios de la Ley Federal de Derechos se analizaron las tendencias históricas de varios parámetros de calidad del agua registrados por la Red Nacional de Monitoreo (RNM) de la CONAGUA, cumpliendo en términos generales lo enunciado en el artículo 224, Lineamientos de Calidad del Agua; sin embargo en el cauce se advierte un aumento en conductividad y en ocasiones de color. Esto se debe a las descargas de aguas residuales y al cambio de uso de suelo. La RNM ha monitoreado el sistema lagunar desde inicios de los años noventa, ya construida la presa derivadora, y a pesar de la disminución del

caudal aportado, cumplen en un 80% del tiempo con los criterios de calidad.

Para estimar el aporte de nutrientes se utilizó el modelo de cuenca *AVGWLF*. Los resultados del mismo permitieron estimar que la aportación promedio anual de nitrógeno y fósforo en el Sistema Ambiental Regional es de 2,183 y 279 toneladas, respectivamente. De esta aportación, el 98.4% de nitrógeno es por fuentes no puntuales y el 1.6% por fuentes puntuales. Con respecto a las fuentes no puntuales, las dos principales aportadoras de nitrógeno y fósforo son las actividades pecuarias, las fosas sépticas y las localidades con baja cobertura de alcantarillado.



Muestreo de la Presa derivadora



## • Caudal ecológico

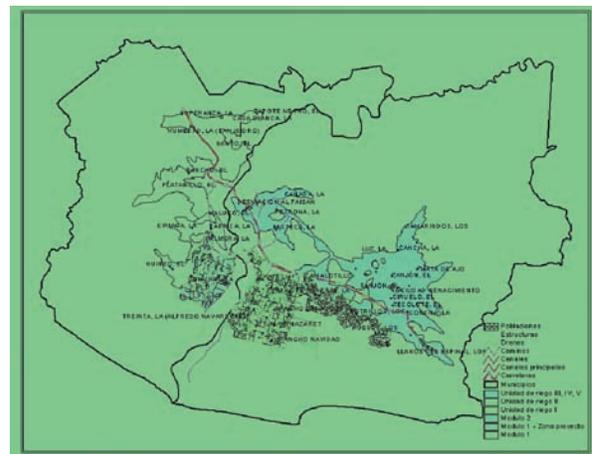
Se utilizaron cuatro procedimientos que resultaron con valores muy similares para los flujos extremos bajos, los flujos de estiaje y los flujos altos los métodos de Tennant Modificado, hidroperiodo, la preferencia de hábitats y el PHABSIM. Ello le brinda un buen grado de confiabilidad para el establecimiento de las estrategias de manejo del proyecto; sin embargo, para los caudales de picos de lluvias y picos extraordinarios, las cuatro metodologías señalan valores muy variables, por lo cual deben considerarse con reserva.



Trabajos de aforo en el afluente del río Verde.

## • Estudios de distrito de riego

El distrito de riego 110 Río Verde Progreso, ubicado en la zona de estudio, tiene una superficie de 13,152 ha en donde la producción del agua oscila entre 2.67 a 3.31 kg/m<sup>3</sup> y el índice de productividad entre 1.10 y 4.63 \$/m<sup>3</sup>. De la evaluación y determinación de indicadores productivos de este distrito, se concluye que de una superficie de 14,248 ha, 13,395 son susceptibles de incorporarse al riego, sin que esta actividad afecte a la flora y fauna actuales.



Zona de riego actual y zona potencial a incorporarse al riego.

## • Manejo de cuenca

Con la construcción de la presa, las unidades de suelo que serán más impactadas son las clasificadas como de baja y muy baja fragilidad, por lo que no se prevén fuertes impactos ambientales en la componente edafológica del SAR que registró las mejores prácticas de manejo. No obstante, es indispensable inducir prácticas de conservación de suelos en toda la cuenca alta de la presa para prevenir su acelerado azolvamiento.

## • Sistema de información geográfica

Se aplicaron criterios para la implantación de sistemas integrados (multidisciplinarios) de información geográfica con énfasis en el cuidado del medio ambiente, con el fin de generar mapas de uso de suelo y vegetación con base en imágenes tomadas en 2003, 1998, 1997, 1986 y 1979, además de un sistema de información geográfica con información



de cartografía básica y temática, en proceso de desarrollo.

## Colaboración con Petróleos Mexicanos

# ***Sistema de tratamiento de aguas químicas, para el Complejo Petroquímico Pajaritos (CPP)***

Se realizó un estudio en el sistema de tratamiento de aguas químicas para caracterizar los efluentes finales de cada una de las plantas de proceso del complejo



Monitoreo de corrientes en el Complejo Petroquímico Pajaritos.

petroquímico. Para ello, se realizaron las acciones siguientes: caracterización de todas las descargas del complejo, con lo que se evidenció que el CPP cumple con la normatividad vigente (NOM-001-SEMARNAT-1996); monitoreo de los parámetros que marca la Declaratoria para el Control de las Descargas de Aguas Residuales al río Coatzacoalcos y sus afluentes, que entrará en vigor en 2013, y se determinaron los parámetros que no cumplen con la misma para llevar a cabo las medidas correctivas antes de la fecha indicada.

También, se efectuó el balance general de agua del CPP, que incluyó la cuantificación del consumo de primer uso en las diferentes actividades del complejo: enfriamiento, proceso, generación de vapor y usos generales, así como la cuantificación de todas las aguas residuales que genera el complejo; diagnóstico de los sistemas de enfriamiento que incluye la cuantificación de las pérdidas por evaporación, arrastre y purgas de enfriamiento; recomendaciones para mejorar el funcionamiento del sistema y el ahorro



Complejo Petroquímico Pajaritos.



de agua dentro del CPP; diagnóstico de cada uno de los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes, definiéndose, en términos generales, las acciones necesarias para que los sistemas operen correctamente; pruebas de tratabilidad electroquímicas en algunas descargas del CPP, determinándose la factibilidad técnica de la recuperación de sosa y ácido en las descargas estudiadas; 15 modelos computacionales que permiten verificar la operación de los principales sistemas que integran las diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales y los sistemas de enfriamiento. Esta herramienta permite elaborar balances de masa para conocer, en cualquier momento, la generación y el aporte de contaminantes en la descarga general del Complejo.

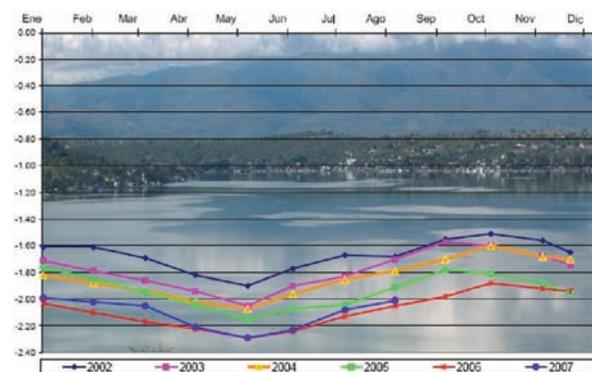
## **Configuración final y licitación pública de una planta desmineralizadora de agua**

A solicitud de PEMEX Refinación se realiza la asesoría para la configuración final y la licitación pública internacional, correspondientes a la instalación de la planta desmineralizadora de agua UDA-400 en la refinería Héctor R. Lara Sosa, en Cadereyta, Nuevo León. El tren de tratamiento, de 166 l/s, consta de microfiltración, ósmosis inversa e intercambio iónico para procesar agua residual tratada.

## **Colaboración con el estado de Morelos**

### **Programa Hídrico del Estado de Morelos: Visión 2030**

En cumplimiento de los preceptos establecidos en la Ley Estatal de Planeación, se formuló el Programa Hídrico del Estado de Morelos: Visión 2030 con un enfoque de gestión integrada del agua, como un medio para transitar hacia el desarrollo humano sustentable. El programa se realiza con el fin de que la planeación del desarrollo del estado trascienda, definiendo alternativas de solución a largo plazo a los problemas en torno a los recursos hídricos. Refleja la voluntad política de integrar la capacidad de los tres órdenes de gobierno con los esfuerzos de la sociedad



Evolución de los niveles del lago de Tequesquitengo



civil organizada, buscando se garantice a futuro una gobernanza con respecto al agua y a los demás recursos naturales.

## ***Indicadores para los organismos operadores en la cuenca del río Apatlaco***

Para la Comisión Estatal de Agua del estado de Morelos, se desarrolló un sistema de indicadores apropiado para la cuenca del río Apatlaco con la finalidad de monitorear el desempeño de los organismos operadores de agua potable y así generar políticas y sinergias que contribuyan a mejorar la calidad del

servicio. Como resultado, se determinó que existe un retraso considerable del 34.97% en la macromedición, mientras que la micromedición muestra una cobertura de 25.65%, inferior al promedio nacional de 57.41%. De aquí se derivó la recomendación de impulsar y priorizar un programa de mejora y complementación de la infraestructura de medición en las principales fuentes de abastecimiento.

## ***Operación y mantenimiento de la red agroclimatológica***

A través de un convenio de colaboración realizado entre la Fundación Produce Morelos, A. C., el Instituto



Portal de Internet del sistema de indicadores de gestión de la cuenca del río Apatlaco. ([www.indicadores-apatlaco.gob.mx](http://www.indicadores-apatlaco.gob.mx)).



Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pecuarias, y el IMTA, se implementó la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos, conformada por 23 estaciones distribuidas en las principales regiones agropecuarias de la entidad.

En este contexto, se realizó el proyecto *Operación y mantenimiento de la red agroclimatológica del estado de Morelos*, el cual tuvo como objetivo garantizar el funcionamiento óptimo y la integridad física de las estaciones, la transmisión y recepción de los datos en tiempo real, así como el manejo, procesamiento y la publicación de la información a través de Internet (<http://galileo.imta.mx/FUPROMOR>). Con la operación de un programa de mantenimiento se ha alcanzado una eficiencia de 97% en la red, obteniendo con ello una base de datos agrometeorológicos confiables para fines de diagnóstico, pronóstico y toma de decisiones para el manejo de los riesgos climáticos.



Estación agroclimatológica instalada en el INIFAP de Zacatepec, Morelos.

## Atención al gobierno del estado de Morelos

Se participó en el grupo de trabajo que elaboró una propuesta de *Proyecto de Ley de Servicios Públicos de Agua Potable* para el estado de Morelos, así como en el proyecto de exposición de motivos de dicha propuesta, atendiendo la solicitud de la Comisión correspondiente de la Cámara de Diputados de la entidad.

La intervención del Instituto, fundamental y reconocida, aportó la vasta experiencia de sus especialistas en los aspectos mencionados, por lo que finalmente se confeccionó una iniciativa de ley que, de aprobarse, mejorará sustancialmente el marco regulatorio existente en el estado con



Ubicación de las 23 estaciones agroclimatológicas en Morelos.



respecto a los diferentes servicios asociados con el agua potable y la conservación de infraestructura, ya que contempla novedosos y diversos rubros técnicos y administrativos que ubicarían al estado entre los gobiernos de vanguardia en los marcos institucional y administrativo.

## Colaboración con otros estados

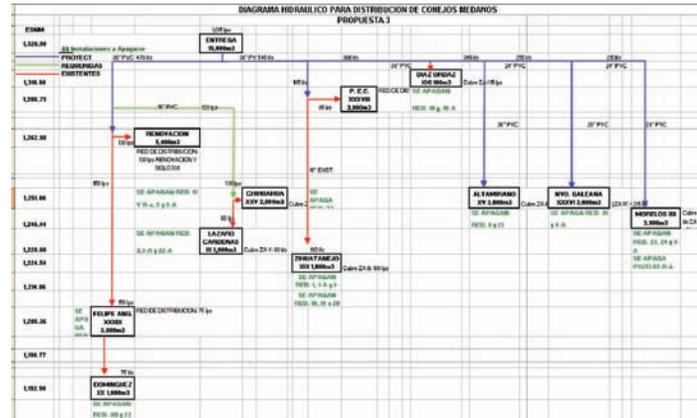
### ***Dictamen y planeación integral de una red de agua potable para la Junta Municipal de Agua de Ciudad Juárez, Chihuahua***

Por encargo de la Junta se llevó a cabo el análisis, el dictamen técnico y la planeación integral del proyecto enfocado a incorporar la aportación de 1,015 l/s a la red de agua potable de Ciudad Juárez, volumen que provendrá del acueducto Conejos-Médanos, en proceso de construcción. El IMTA realizó la reingeniería de la red de distribución actual con el fin de establecer las acciones que garanticen una adecuada integración y aprovechamiento de la nueva fuente de abastecimiento. Al respecto y con base en una serie de análisis técnicos, entre los que destaca el estudio de la confiabilidad ante posibles fallas en las tuberías nuevas de interconexión con el acueducto Conejos-Médanos, se generaron varias propuestas

que incluyen cambios en la operación, cambios en conexiones a tanques, colocación de válvulas y la eliminación de algunos pozos y rebombes. Con estas obras se incrementará el suministro de agua potable a la ciudad y disminuirá la extracción del acuífero Bolsón del Hueco, beneficiando a 650,000 habitantes.

### ***Diseño, construcción y transferencia de un canal de pendiente variable y puesta en operación de 12 módulos didácticos para la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo***

En el marco de un programa para mejorar la infraestructura de su laboratorio de hidráulica, la universidad solicitó al IMTA diseñar, construir y transferir un canal de pendiente variable y poner en operación 12 módulos didácticos. El canal tiene una longitud de 8 m de largo, con una sección hidráulica de 0.30 m de plantilla por 0.50 m de altura. Con él se puede simular una gran cantidad de perfiles hidráulicos ya que, gracias a un sistema hidráulico controlado electrónicamente, es posible modificar su pendiente de negativa a positiva y viceversa. Dispone



Vista de tanque existente.

de un equipamiento de medición que incluye desde un canal Parshall, vertedores, molinete y limnómetro, hasta una compuerta para regular el nivel aguas arriba. Asimismo, cuenta con un medidor electromagnético para medir el flujo suministrado al canal, en circuito cerrado, desde las dos bombas con una potencia de 7.5 HP hasta el canal de descarga aguas abajo del canal de pendiente variable. En lo que se refiere a los 12 módulos didácticos, cuyo objetivo es facilitar el aprendizaje de conceptos básicos de la hidráulica,

se incluye un banco gravimétrico, un módulo de impacto de chorro, un módulo de centro de presión, un calibrador de manómetros, un módulo de flujo en vertedores, un módulo de pérdidas por fricción en tuberías, medidores tipo Ventura, módulo de vórtice y módulo de flujo a través de un orificio, entre otros.

## ***Factibilidad técnica de tratamiento para desmineralizar el agua subterránea***

La Secretaría Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos de San Luis Potosí encomendó al IMTA realizar un estudio de factibilidad técnica de tratamiento para desmineralizar el agua subterránea que se utiliza para riego en el invernadero Santa Rita, localizado en el municipio de Río Verde, S.L.P. El estudio consistió en la caracterización del agua de sus fuentes de abastecimiento y la utilización de



Canal de pendiente variable transferido por el IMTA a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



simuladores comerciales para predecir la eficiencia de procesos de membrana en la desalinización del agua (IMS-Design®, ROSA®). Se analizaron las ventajas y desventajas de las tecnologías actuales para desmineralizar el agua de pozo, concluyendo como mejor opción la ósmosis inversa. Para comprobar la eficiencia de esta tecnología se realizaron pruebas de tratamiento en la fuente con mayor concentración de sólidos disueltos, empleando una planta piloto de ósmosis inversa con capacidad de un litro por segundo. Los resultados mostraron que el sistema remueve el 99.5% de las sales, con un permeado del 50% del agua tratada. Se consideró además el agua de lluvia como fuente adicional de abastecimiento, para lo cual se realizó el diseño ejecutivo de una planta potabilizadora de clarificación por contacto de sólidos de 60 litros por segundo.



Equipo de ósmosis inversa del laboratorio del IMTA, utilizado en las pruebas de campo, Invernadero Santa Rita, San Luis Potosí.



Vista interior de uno de los invernaderos, San Luis Potosí.

## ***Evaluación de la planta potabilizadora Ciudad del Agua***

El Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, solicitó al IMTA la evaluación del funcionamiento de la planta potabilizadora *Ciudad del Agua* de 2,500 l/s, y la evaluación energética de 18 equipos en cuatro estaciones de bombeo. Los resultados mostraron que el agua tratada cumplió en época de estiaje con los límites permisibles de la modificación a la NOM-127-SSA1-1994, y que el diseño de la potabilizadora es adecuado para la remoción de hierro y clarificación convencional. Sin embargo, la información histórica de calidad del agua de la fuente muestra presencia de manganeso en época de lluvias, el cual no podrá ser removido eficientemente con este tipo de sistema. En algunos equipos de bombeo se obtuvieron eficiencias y gastos inferiores a los esperados, de acuerdo con sus curvas características. Se formularon las recomendaciones necesarias para resolver los problemas encontrados tanto en la potabilizadora como en las estaciones de bombeo.



Unidad de floculación-sedimentación de la potabilizadora



## **Mitigación de escurrimientos torrenciales en Belisario Domínguez, Motozintla, Chiapas**

A solicitud del Organismo de Cuenca Frontera Sur se diseñaron y realizaron acciones conservacionistas con el propósito de contrarrestar los impactos adversos de los escurrimientos torrenciales en la población Belisario Domínguez, ubicada en la cuenca del río Huixtla, originados por las altas precipitaciones que se agudizan por la ocurrencia de huracanes. Se ejecutaron en total veinte obras: 15 represas filtrantes de gavión, dos espigones para protección y estabilización de taludes, dos represas filtrantes de mampostería y un colchón hidráulico.

Los trabajos conservacionistas realizados en esta cuenca son replicables en una superficie de 1,120,900 ha que conforman la Costa de Chiapas y en la que se presentan condiciones similares.



Represa filtrante de gavión. Espigón para protección de viviendas y talud de cauce.

## **Control de lirio acuático en un tramo del río Santiago, para la Comisión Estatal del Agua (CEA) de Jalisco**

La CEA de Jalisco solicitó una prueba demostrativa para aplicar una nueva biotecnología de control de malezas acuáticas desarrollada por el IMTA, la cual consiste en el uso combinado de insectos y patógenos específicos del lirio. Para ello, la CEA determinó un tramo de aproximadamente 1 km a lo largo del río cubriendo aproximadamente 2 ha completamente infestadas por esta maleza. El tramo seleccionado se localiza en las inmediaciones del poblado de Tecualtitán, Zapotlán del Rey. Un total de 5,600 insectos pertenecientes al género *Neochetina* (*eichnorniae* y *bruchii*) combinados con cuatro aspersiones con los hongos *Cercospora piaropi*



El río Santiago antes de las acciones de control del lirio acuático.



El río Santiago después de liberación y establecimiento de los agentes de control biológico del lirio acuático.

y *Acremonium zonatum* se aplicaron. Los valores de biomasa tomados antes de la aplicación de los agentes de control mostraron una densidad de 49.3 plantas/m<sup>2</sup> con un peso fresco de 14.5 kg. Después de un mes de haber terminado de aplicar los agentes de control biológico, se observó una reducción del 61% en el número de plantas por metro cuadrado y un 62% en el peso fresco. Al término del proyecto, se recuperó el espejo de agua en algunos tramos. La disminución de estos valores se debe al uso



Recuperación del espejo de agua en el río Santiago, después de la acción de los agentes de control biológico del lirio acuático.

combinado de insectos y los hongos, lo que permitió detener el crecimiento y reproducción de la maleza. Es necesario que estos agentes se sigan utilizando por lo menos durante tres años consecutivos para reducir permanentemente la infestación y, por lo tanto, los costos de mantenimiento.

## **Programa de Sectorización para el organismo operador de San Luis Río Colorado, Sonora**

A solicitud del organismo operador de la ciudad de San Luis Río Colorado, el IMTA continuó con las actividades del programa de sectorización que desde el año 2005 se ejecuta en la localidad. En 2008 se trabajó en la reducción de pérdidas y mejoramiento



Fuga ubicada en Av. Guadalupe Victoria con Calle 15.



de la operación en el distrito hidrométrico 4 que cuenta con 3,879 tomas domiciliarias, de las cuales 2,784 tienen servicio medido. Una vez realizados los trabajos, se alcanzó una eficiencia física de 77%, valor superior al 59% de la media nacional.



Reparación de la fuga ubicada en Av. Guadalupe Victoria con Calle 15.

## **Proyecto de sectorización para el Organismo Operador de Agua y Saneamiento, Toluca, Estado de México**

Como parte de un programa de incremento de eficiencia física, este organismo operador solicitó al IMTA la ejecución de la segunda etapa de un proyecto para la sectorización y determinación de distritos

hidrométricos en la ciudad de Toluca. Se realizaron trabajos que permitieron mejorar la eficiencia en cuatro distritos, lo que se complementó con el diseño, selección y puesta en marcha de un sistema de medición y monitoreo continuos. Los resultados indican que el origen principal de las pérdidas en los cuatro distritos lo constituyen los usuarios no registrados. Al contrario del criterio que prevalecía anteriormente, orientado a la detección de fugas, se sugirió al organismo operador priorizar las acciones de regularización.

## **Evaluación de eficiencia física de los sistemas de distribución para la Comisión Estatal de Agua de Baja California**

A solicitud de la Comisión Estatal se llevó a cabo un proyecto para evaluar la eficiencia física de los sistemas de distribución de las ciudades de Ensenada, Tecate, Mexicali y Tijuana. El procedimiento empleado se apega a las recomendaciones normadas por la *International Water Association*, estimando los errores generados y acarreados en la medición de volúmenes producidos, y manejo de información tanto en macro como en micromedición. Se verificó además la consistencia de padrones de usuarios, cobertura del servicio y la existencia de clandestinaje.



Los resultados permitieron concluir que los cuatro organismos operadores manejan sistemas de operación, medición, control y mantenimiento que les hacen posible mantener un alto nivel de eficiencia y los coloca entre los mejores del país.

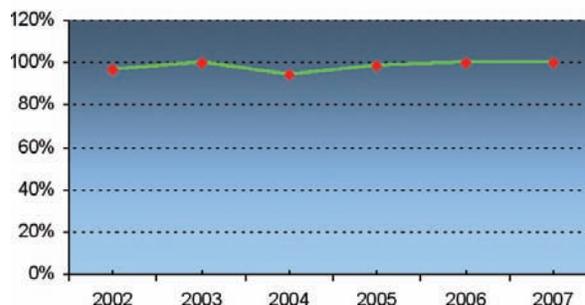
## Monitoreo y análisis de los organismos operadores de agua potable de México

Se continuó el monitoreo y análisis de desempeño de los organismos operadores de agua potable en el país. Este monitoreo se basa en la información que aportan voluntariamente 83 organismos operadores, e incluye la estimación de 25 indicadores de gestión para evaluar la evolución anual de su desempeño en las áreas de operación, comercialización y finanzas.



Indicadores de desempeño y calidad en el servicio.

RELACION DE TRABAJO (%)



Actualmente, incluye la información del periodo 2002-2007 y puede consultarse en <http://www.pigoo.gob.mx>

Con este sistema, los organismos están en condiciones de realizar un ejercicio de *benchmarking* que les permite identificar mayores oportunidades de mejora.

## Proyecto integral de drenaje agrícola para el distrito de riego 075 Río Fuerte, Sinaloa

En el distrito de riego 075 Río Fuerte, Sinaloa, con recursos del Fondo de Fomento Agropecuario del Estado de Sinaloa y de la Asociación de Usuarios Productores Agrícolas, Módulo VII-1, Juncos, A. C., el Instituto elaboró el proyecto ejecutivo integral para la construcción de infraestructura de drenaje agrícola en el área de influencia de dicho módulo, que abarca una superficie de 13,013.60 ha. Para diagnosticar los problemas de drenaje y salinidad, se construyó una red de 120 pozos de observación del nivel freático,



se realizó la descripción del suelo en cinco fosas agrológicas, se efectuaron muestreos de suelo y agua freática en 120 sitios y se hizo el levantamiento topográfico de 150 km de drenes superficiales.

## **Rehabilitación de drenes en el Módulo VII-1 Juncos, del distrito de riego 075 Río Fuerte, Sinaloa.**

Los resultados obtenidos muestran que la superficie con problemas de mantos freáticos someros o salinidad es de aproximadamente 8,000 ha, que representan alrededor del 60% del área bajo riego. Para resolver los problemas de drenaje deficiente, el Instituto propone la rehabilitación y acondicionamiento de los 138 km



Rehabilitación de drenes en el Módulo VII-1 Juncos, del D. R. 075 Río Fuerte, Sinaloa.

de drenes superficiales existentes, y la ampliación de la red de drenaje superficial con 78 km adicionales de drenes, de tal manera que se pueda cumplir con las funciones de evacuar los excesos de agua, disminuir las zonas con problemas de mantos freáticos someros y contar con la infraestructura adecuada para la implementación de sistemas de drenaje parcelario subterráneo.

## **Promoción del enfoque empresarial en unidades de riego de Guerrero y San Luis Potosí**

Entre los años 2000 y 2007, con base en los planes directores elaborados ex profeso por el Instituto y para mejorar la operación, conservación y administración de las unidades de riego en Guerrero y San Luis Potosí, el IMTA ha organizado 511 asociaciones civiles y 31 sociedades de responsabilidad limitada que comprenden 84,071 ha y 39,093 agricultores.

Como continuidad de estos trabajos y para generar valor agregado al agua y a los recursos que le están asociados en las unidades de riego, la CONAGUA encargó al IMTA promover el enfoque de gestión empresarial mediante la capacitación presencial, la implantación del Modelo de Desarrollo Humano Integrador y la Metodología de Desarrollo Integral.

El proyecto se desarrolló en la *Unidad de Riego Juan Catalán del Estado de Guerrero, A. C.* y en la



Sociedad de Responsabilidad Limitada *Usuarios de Riego Tamuinenses* en el estado de San Luis Potosí; en ambas entidades participó un total de 203 productores que trabajan en 2,533 hectáreas.

Entre los resultados obtenidos destaca, en el caso de Guerrero, la formación de cuatro grupos que aplican el enfoque empresarial a la producción de hortalizas y, en San Luis Potosí, la integración de dos grupos dedicados a la ganadería bajo contrato con este mismo enfoque.



Capacitación a usuarios en enfoque empresarial en unidades de riego.

## ***Paquetes tecnológicos en materia de agua y saneamiento en José Joaquín de Herrera, Guerrero***

Se inició un proyecto para la transferencia de setenta paquetes tecnológicos en materia de agua y

saneamiento en la comunidad rural de Cacahuatpec. El municipio de José Joaquín de Herrera se ubica en el cuarto lugar estatal y el noveno a nivel nacional en lo que se refiere a su grado de marginación. La zona es predominantemente náhuatl y carece de cualquier tipo de servicio relacionado con agua potable y saneamiento. A la fecha, se concluyeron dos paquetes en la escuela de la comunidad y están en proceso ocho en distintas viviendas.

Cada paquete estará integrado por las siguientes tecnologías:

1. Un lavadero ecológico (lavadero con pileta, filtro de sólidos, trampa de grasas, módulo de cinco cámaras para tratamiento de las aguas residuales grises)
2. Un baño ecológico (cuarto de baño, taza del sanitario, regadera, depósito de 400 l, mangueras y conexiones, sedimentador y módulo para el tratamiento de las aguas negras).
3. Una cisterna con capacidad de 50,000 l para almacenamiento de agua.





4. Un sistema para captación de agua de lluvia (canaletas, filtro de sólidos, tubería y conexiones hasta la cisterna de almacenamiento).
5. Un tanque de descarga de fondo (TDF) auto-operante con capacidad de 200 l para riego del huerto familiar. Incluye sifón y tubería regante hasta de 6 metros.
6. Un huerto familiar instalado hasta de 72 m<sup>2</sup> con pendiente de 2-3%. Incluye plántula y/o semilla de hortalizas diversas para un ciclo de cultivo además de abono orgánico.
7. Una bomba de bicicleta. Incluye soporte ajustable a distintas rodadas en herrería y una bicicleta por bomba.
8. Una caja para desinfección solar de agua y/o filtro de cantera y/o alternativa equivalente.

## Colaboración con la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P.

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

El Programa que inició el 26 de febrero de 2003 tiene una vigencia hasta diciembre de 2012. Actualmente se encuentra en su cuarta etapa.

### • Calidad del agua

Se elaboró un proyecto ejecutivo para el pretratamiento y la construcción del colector de la calle Salazar al

humedal de Erongarícuaro, Mich. Se pretende coleccionar 2.4 l/s como gasto máximo en las horas pico y 1.4 l/s como gasto medio de agua residual para enviarla al humedal. El proyecto contempla la instalación de una unidad de bombeo equipada con energía eléctrica generada por celdas solares.

Se realizó el proyecto ejecutivo para la construcción de una red de agua potable en Jarácuaro, Mich., con el fin de cubrir las necesidades actuales y futuras de la localidad, garantizando un funcionamiento adecuado en cantidad, calidad y presión las 24 horas del día conforme a la normatividad vigente.

Se lleva a cabo un proyecto para apoyar los procesos que conduzcan a la sustentabilidad de los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento ribereños, para lo cual se trabaja en acciones específicas sobre la implementación de un sector hidrométrico por cabecera municipal. Las actividades desarrolladas por sector en 2008 son: revisión de la información técnica, inspección física de los sectores y conformación de los mismos; actualización del catastro de la red de distribución;



Planta de tratamiento y humedal en Erongarícuaro, Michoacán.



actualización del padrón de usuarios (identificación de pérdidas comerciales); instalación de muestra de micro medidores; instalación de estación de aforo (macromedidor) y reducción de pérdidas físicas de distribución; y se concluyó el diagnóstico de los servicios de agua potable y alcantarillado de la localidad de Ihuatzio, donde se proponen las acciones de mejoramiento y un programa de inversiones para infraestructura hidráulica para el periodo 2009-2012.



Red actual de abastecimiento de agua potable en Jarácuaro, Michoacán.

- **Transferencia de tecnologías apropiadas en materia de agua y saneamiento para comunidades rurales**

Se diseñó el plan de trabajo 2008-2012 en los municipios de Quiroga, Erongarícuaro, Pátzcuaro y Tzintzuntzan; se visitaron 388 viviendas, y se seleccionó a 204 personas de tres comunidades: Caríngaro, Quiroga; Yotatiro, Erongarícuaro y Corrales,

Tzintzuntzan, para formar parte del programa de transferencia. Se impartieron tres talleres de introducción con 145 participantes y dos talleres para la instalación de lavaderos ecológicos en Caríngaro y Los Corrales, Tzintzuntzan, con la asistencia de 55 personas; se realizó un taller para la instalación de sanitarios ecológicos en Yotatiro, Erongarícuaro, con 48 asistentes.



Realización de talleres en aula y campo.

- **Modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en comunidades rurales**

Se diseñó e inició la instalación de una serie de sistemas para las comunidades de Napízaro, Arocutín y San Francisco Uricho, en Erongarícuaro. Las acciones estuvieron orientadas a la revisión de diseños y balances de agua, definición y selección de alternativas, estudios y gestión para la implementación de los modelos. En la comunidad de Napízaro se implementaron dos sistemas de almacenamiento con capacidad de 100,000 litros cada uno.



- **Saneamiento de la cuenca**

Se iniciaron dos proyectos para instalar humedales para el tratamiento de las aguas residuales en las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y de San Francisco Uricho, Erongarícuaro. Estos sistemas permitirán tratar las aguas residuales de una población estimada en 1,856 y 1,646 habitantes respectivamente. A la fecha se cuenta con un anteproyecto que incluye rejillas, canal desarenador, canal Parshall, fosa séptica, y las unidades de tratamiento de lodos y del agua residual propiamente dicha. Como complemento se inició un programa de evaluación integral (eficiencia, capacitación, seguimiento y apropiamiento) de humedales, a través del cual se realiza el seguimiento de la evolución, así como la evaluación del funcionamiento, eficiencia y apropiamiento de los tres humedales ya instalados en la cuenca. De los resultados obtenidos a la fecha se identificaron e iniciaron acciones de rehabilitación, conservación, mantenimiento y capacitación de operadores. Se puede resaltar que las aguas tratadas en los tres humedales satisfacen los requerimientos normativos vigentes.



- **Difusión y promoción**

Se actualizó el portal del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro con datos generales y características de la cuenca; la relación de instituciones federales, municipales y privada participantes; el listado de los proyectos realizados hasta 2007 clasificados por problemática; se incluyeron la *Memoria ilustrada 2003-2007*, dos videos de divulgación y un archivo con más de cuatrocientas fotografías. Este modelo aplicado en Pátzcuaro ha servido de guía para el desarrollo de la metodología para la implementación de planes estratégicos para la recuperación de cuencas, tal es el caso de la del río Apatlaco, Mor.; la de Amanalco-Valle de Bravo, Méx., y la del río Lagos, Jalisco.



Firma Convenio Interinstitucional, 2008-2012.

- **Manejo integral de malezas acuáticas**

Se realiza un proyecto sobre manejo integral para control de malezas acuáticas. Como parte

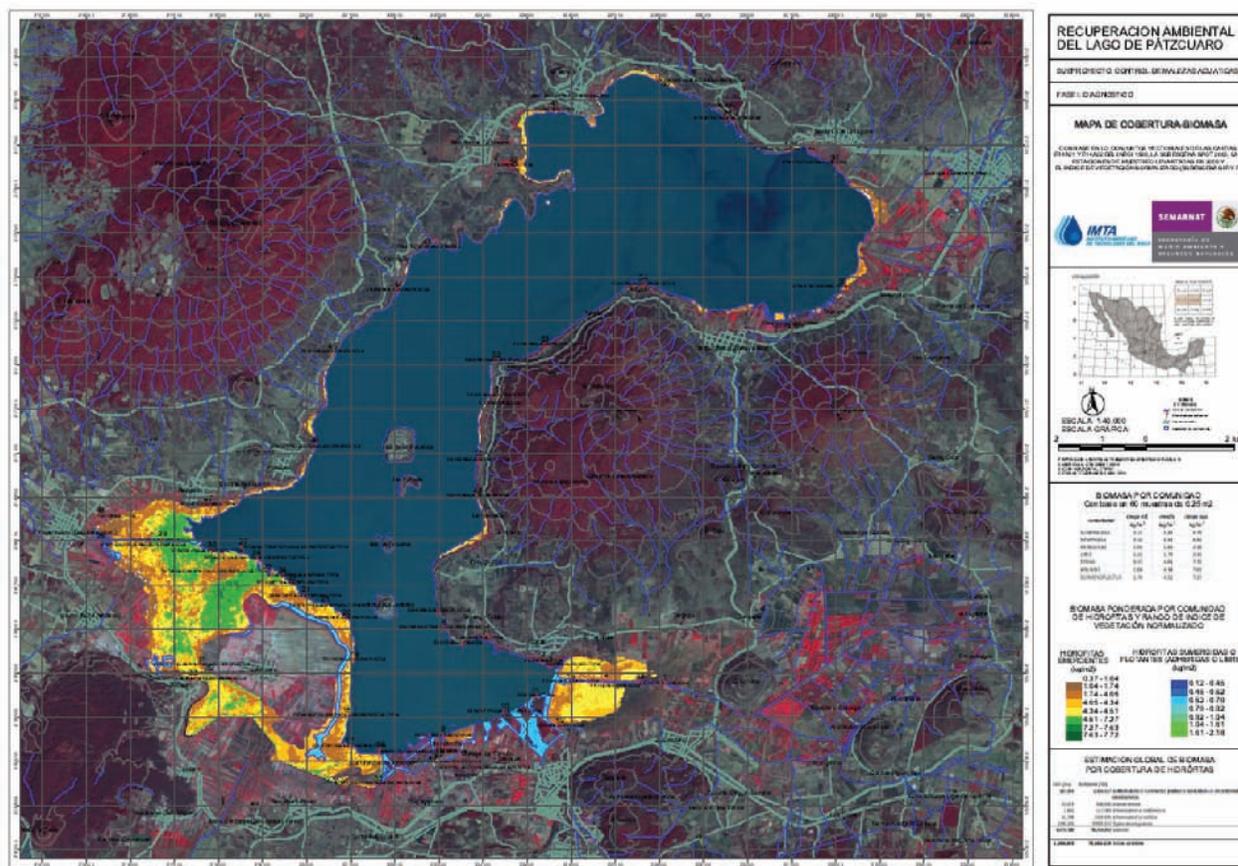


de las actividades se registraron 49 especies de fanerógamas, incluyendo un helecho, representando en total a 25 familias y, por su forma de vida, se reconocieron cuatro comunidades. Las combinaciones que incluyen *Eichhornia* y *Typha* en áreas con menor pendiente son en las que se acumula más biomasa y diversidad visibles. Se limpiaron los 7 km de malezas programados para este año en el dren Tzurumútaro y se determinaron las medidas de control y mantenimiento. Se liberaron once mil insectos del género *Neochetina* y se afirmó una nueva generación en campo. Se introdujeron las dos especies de hongos patógenos para el lirio acuático, *Cercospora piaropi* y *Acremonium zonatum* en el lago de Pátzcuaro, lo que

permitirá un control más efectivo de la infestación por malezas.

## Plantas potabilizadoras móviles para emergencias en Veracruz

Con motivo de la declaratoria de emergencia del 26 de septiembre de 2008 para ocho municipios de Veracruz por la ocurrencia de inundaciones atípicas, la Fundación Gonzalo Río Arronte solicitó



Mapa de cobertura y biomasa ponderada por comunidad de hidrófitas acuáticas en el lago de Pátzcuaro.



al IMTA apoyar al gobierno local. Con este objetivo, se instalaron y pusieron en marcha ocho plantas potabilizadoras móviles con capacidad de 1 l/s y 17 bombas charqueras en diferentes comunidades del estado. Adicionalmente se suministraron ocho toneladas de reactivos químicos para la operación de las plantas. También se capacitó a operadores de la Comisión del Agua del Estado de Veracruz en el funcionamiento de las plantas potabilizadoras, con el fin de proporcionar agua con una calidad adecuada para uso y consumo humanos. El agua obtenida de dichas plantas se envasó en garrafones y tinacos para ser repartidos a la población de las colonias que no tenían el servicio de agua potable por contaminación de los pozos y norias.



Planta potabilizadora instalada en Carlos A. Carrillo, Veracruz.

## ***Inventario, delimitación, caracterización y uso sustentable de los humedales de la cuenca del río Papaloapan, mediante percepción remota***

Los humedales son ecosistemas naturales de limpieza del agua y su importancia en la sustentabilidad ambiental es reconocida en todo el mundo. Sin embargo, se hallan entre los sistemas más amenazados por la desecación, conversión, contaminación y sobreexplotación. Su pérdida constituye un daño ambiental que debe ser evitado.

En el territorio mexicano, la superficie de humedales potenciales asciende a 125,010.84 km<sup>2</sup> y la superficie de humedales potenciales del Papaloapan es de 4,787.20 km<sup>2</sup>, lo que representa el 3.83 por ciento.

El IMTA, mediante un proyecto bianual, a solicitud de Instituto de Ecología A. C. y bajo auspicios del Fondo CONACYT-CONAGUA emprendió un inventario. Se establecieron los criterios hidrobiológicos para el uso sustentable y conservación de los humedales, a nivel nacional, mediante: mapas de uso de suelo y vegetación con base en imágenes de 1979 y 2003, un inventario de humedales en la cuenca,



el balance de aguas superficiales y subterráneas, y la caracterización de los conflictos sociales por los humedales. Adicionalmente, se realiza el proceso de desarrollo metodológico para el cálculo del gasto destinado al mantenimiento y conservación de los humedales en la cuenca.

## Colaboración con la industria

### ***Sistema DYU-Flexiconc para proteger erosión a canales***

El sistema DYU-Flexiconc es un producto tecnológico para proteger los canales de la erosión. Se compone de geotextil y un tapete constituido por una serie de bloques de concreto ligados con cables. La función del tapete es evitar que el geotextil, que recubre el canal, sea removido de su lugar. El recubrimiento se



Flujo sobre el tapete 1 mediante un trazador colorante. Se aprecia el efecto del tapete sobre el flujo.

realiza a través de la unión de una serie de tapetes individuales. La empresa DYU solicitó al IMTA que revisara y contrastara las propiedades de estabilidad de este arreglo de noventa piezas, contra uno comercial de 160 piezas de 30 cm de largo.

### ***Evaluación de medidores de agua***

El laboratorio de pruebas de equipos y materiales del sector agua, del IMTA, recibió la visita de vigilancia por parte de la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. Logró mantener su acreditación en diez pruebas relacionadas con la NOM-012-SCFI-1994 y la NMX-CH-1/3-1993-SCFI. Bajo esta acreditación, se realizaron 125 servicios de evaluación de medidores de agua de diferentes diámetros y marcas, en atención a las solicitudes del sector industrial, con lo que contribuye al mejoramiento de la infraestructura de medición de los organismos operadores de agua.



Banco de macromedición.



## Cooperación técnica internacional

# Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica

Con el apoyo económico del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de España, bajo la Coordinación técnica del IMTA, se iniciaron los trabajos de la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica, vigente durante el periodo 2008-2011,

que cuenta con la participación de 17 instituciones de reconocido prestigio, tanto en aguas continentales como marítimas. A través de esta red se enriquecerá la agenda de Cooperación Iberoamericana en Ciencia y Tecnología en el sector hídrico a través de un diagnóstico de necesidades y del fomento y mejoramiento del conocimiento y las capacidades de los principales institutos nacionales iberoamericanos dedicados a la producción científica y tecnológica en materia de agua. Actualmente, se cuenta con una primera versión del diagnóstico y un análisis de las capacidades y necesidades de fortalecimiento institucionales requeridas para contribuir en la solución de los problemas prioritarios de la región. Como parte de la promoción de este esfuerzo, en noviembre de 2008 se firmó la *Declaración de Jiutepec*, mediante la cual los institutos manifiestan su compromiso y disposición para sumar esfuerzos y capacidades con el fin de impulsar el desarrollo y la implantación de tecnología como soporte para el desarrollo sostenible, a través del uso, manejo y aprovechamiento apropiados del recurso agua.

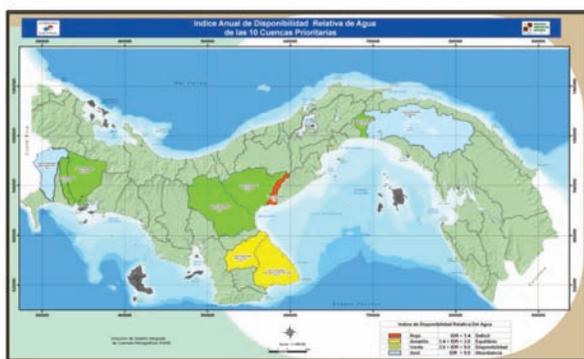


Integrantes de la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica en el laboratorio de calidad del agua.



## ***Balance hídrico mensual oferta-demanda y propuesta de red de medición hidrometeorológica en diez cuencas prioritarias de Panamá***

La Autoridad Nacional del Ambiente de la República de Panamá contrató al IMTA, con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, para determinar el balance hídrico mensual superficial y subterráneo en diez cuencas prioritarias, de las 52 existentes en el país. Estos balances soportarán la formulación del Plan Nacional Hídrico de Panamá. El balance se realizó aplicando la metodología de la NOM-011-CNA-2000. Panamá es un país de clima tropical húmedo con un marcado estiaje de enero a abril, y una región, el Arco Seco, en la península de Azuero, actualmente afectada por una creciente demanda de agua y por ello una alta vulnerabilidad a futuro.



Plano Semáforo sobre valores anuales del Índice de Disponibilidad Relativa, en las diez cuencas prioritarias de Panamá.

Mediante un Plano Semáforo se identificaron los valores anuales del Índice de Disponibilidad Relativa. Esta información es básica para orientar los procesos futuros de concesión y ordenamiento en el uso del agua.

## ***Diseño de planta potabilizadora, Mixco, Guatemala***

El IMTA dio seguimiento a la construcción, puesta en marcha y operación de una planta potabilizadora en el Condado Naranjo, en Mixco, Guatemala, que actualmente presenta eficiencias de remoción de arsénico del 93.6%, con una concentración en el efluente de 0.007 mg/l, valor que cumple con la norma de Guatemala. Esta planta, de clarificación convencional para la remoción de arsénico, construida con las recomendaciones hechas por el IMTA, está conformada por las etapas de preoxidación a base de cloro y ajuste de pH, coagulación con cloruro férrico y poliflocal-CH, floculación mecánica, sedimentación de alta tasa, filtración en un medio cerámico (Microlite-KINETICO®) y desinfección.

Con esta obra, el Condado antes mencionado dispondrá de agua libre de arsénico. Actualmente contiene concentraciones de este elemento de entre 0.134 y 0.167 mg/l, valores por encima de la norma de Guatemala de 0.01 mg/l. En estas acciones el IMTA ha contado con la colaboración de la empresa Río Azul desde el 2007.

### **Frontera Norte**

Se participó en las reuniones siguientes: manejo binacional de la cuenca del río Bravo de una manera



sustentable; binacional para la integración del Grupo de Trabajo para la determinación del criterio de escasez en el río Colorado; en el marco de la Comisión Internacional de Límites y Aguas para la delimitación de cuencas transfronterizas y conexión de redes hidrográficas en la frontera México-EUA, y en apoyo a la SEMARNAT, en las preparatorias a la puesta en operación de la planta desaladora de Yuma y sus efectos en la ciénega de Santa Clara. También con la SEMARNAT se conformaron los grupos de trabajo binacionales en conservación, nuevas fuentes de agua, medio ambiente y operación del sistema. Se participó en la redacción e integración del Programa Ambiental 2012 de Asuntos Fronterizos.

## Frontera Sur

Se participó en el tercer congreso de la Red de Investigadores sobre la Frontera Sur (RISAF) y, a solicitud de SEMARNAT, se enviaron dos proyectos para integrarse en el Programa de la Frontera Sur de Presidencia: *Actualización del Atlas Físico de los ríos transfronterizos México-Guatemala* e *Integración oficial de la RISAF*.

## Estados Unidos de América

Mediante la visita de representantes de la *United States Bureau of Reclamation* y el *United States Department of Agriculture* se aprobaron dos proyectos para el tema de malezas acuáticas: *Control biológico de Tamarix (pino salado) en el río Bravo en la frontera México-Estados Unidos de América* e *Investigation of the impact of Arundo Donax in Mexico and Evaluation of candidate biological control agents*.

Con la visita de la Titular de la Agencia de Protección Ambiental de California (CalEPA, por sus siglas en inglés) se integraron acciones del IMTA en el Plan de Acción del Memorandum de Entendimiento suscrito entre la SEMARNAT y CalEPA, se conformaron siete grupos de trabajo, el IMTA participa en cuatro de ellos: cambio climático, calidad del agua, recursos hídricos y capacitación en laboratorios, este último coordinado por el Instituto.

## Colombia

Se suscribió el Convenio de Colaboración Institucional entre la Agencia de Desarrollo Económico Local de Vélez, Santander del Sur, y el IMTA, para la prestación de servicios en los temas de tratamiento de aguas residuales y agua potable.



El Dr. Polioptro Martínez Austria, Director General del IMTA, y el Ing. Hugo Rodríguez Mantilla de la Agencia de Desarrollo Económico Local-Vélez, en la firma del convenio de colaboración.

## Ecuador y Perú

El IMTA participó con la Organización Latinoamericana de Energía, de Quito, Ecuador, en la impartición del



curso virtual internacional *Diseño, implementación y gestión de microcentrales hidroeléctricas*, a cargo del Centro de Demostración y Capacitación en Tecnologías Apropriadas de Cajamarca, Perú. El Centro de Conocimiento del Agua del Instituto organizó, coordinó y fue la sede desde la que se operó el nodo correspondiente a México. Se realizaron 11 sesiones y asistieron 15 especialistas del IMTA, la UNAM y el Instituto de Investigaciones Eléctricas. El curso se transmitió a cuarenta puntos de enlace de América Latina, con una audiencia de 250 personas.

## Argentina

Se elaboró, para la Secretaría de Relaciones Exteriores de México, el informe de evaluación de actividades de colaboración entre el IMTA y el Instituto Nacional del Agua, y como acuerdo de la reunión binacional se aprobó el proyecto *Uso eficiente del agua en la agricultura* como parte de los trabajos de la Expo Agro Sinaloa 2009.

## Chile

Se recibió a la misión de la Fundación Chile con el objetivo de concretar la asesoría del IMTA en el tema de gestión integrada de cuencas en aguas subterráneas.

## Japón

Se recibió a representantes de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón para analizar

aspectos del cambio climático y su impacto en los recursos hídricos. En la modalidad de cooperación a terceros países Japón aprobó el proyecto *Manejo ambiental de cuencas hídricas para producción eléctrica sostenible*, en Costa Rica.

## Unión Europea

En colaboración con la Unión Europea se continúa el proyecto *Red de conocimientos para resolver problemas reales del agua en países en vías de desarrollo: superando las diferencias y vacíos de conocimiento* (ANTINOMOS, acrónimo en inglés). El IMTA participa como co-líder en el tema "Administración y gestión de conocimiento", en ese sentido contribuye a conceptualizar el marco de referencia y se encarga de realizar los estudios de caso para identificar conocimientos relevantes de tecnologías y prácticas globales y locales en México. En 2008 se calibró la metodología propuesta para la evaluación de las tecnologías seleccionadas. Para ello, se realizó investigación analítica en los siguientes aspectos: marco institucional de administración y gestión del agua; balance de los problemas reales del agua y sus retos; tecnologías y prácticas tanto globales como locales de abastecimiento y saneamiento. Con base en este análisis, se depuró el marco conceptual y se seleccionaron diez tecnologías para estudios de caso, iniciándose la etapa de evaluación.

## UNESCO

La delegación mexicana anunció en el XVIII Consejo Intergubernamental del Programa Hidrológico Internacional (PHI), en París, el lanzamiento de la Cátedra UNESCO/IMTA *El Agua en la Sociedad del*



Conocimiento que inició actividades el 21 de octubre en el marco de la VII Fase del Programa Hidrológico Internacional.

Como parte de las actividades para elaborar el *Atlas de culturas hídricas de América Latina y El Caribe*, se colaboró en la edición del libro *Agua y diversidad cultural en México*, publicación auspiciada por la UNESCO, el Archivo Histórico del Agua, el IMTA y el Programa Hidrológico Internacional. El libro también puede consultarse en:

<http://www.unesco.org.uy/phi/biblioteca/handle/123456789/463>

A través del Comité Nacional Mexicano del PHI, el IMTA participó en el establecimiento del proyecto *Radio Agua Internacional*, iniciativa enfocada a divulgar el conocimiento del agua en Latinoamérica mediante estaciones de radio por Internet operadas por los países participantes.



Coedición con el Programa Hidrológico Internacional.

## Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE

La OCDE solicitó que México colaborara en un estudio de caso sobre experiencias de financiamiento para agua y saneamiento; en consecuencia el IMTA generó el *Estudio de caso sobre estrategias de financiamiento para suministro de agua y saneamiento en el estado de Michoacán* que envió, en abril de 2008, a la Organización para ser revisado en la Tercera Reunión del Grupo de Agua de la OCDE en París. Este estudio, junto con otros seis elaborados por los países participantes, formó parte del documento *Planeación de estrategias de financiamiento en el sector suministro de agua y saneamiento: primer bosquejo de casos de estudio seleccionados*, presentado por la OCDE como material de análisis para esta Tercera Reunión, cuyos resultados se concentran en el *Resumen del Presidente de la Tercera Reunión del Equipo de Trabajo*.

Con base en estos resultados la OCDE seleccionó al IMTA como institución coorganizadora de la Reunión de Expertos en Búsqueda de Esquemas Apropriados de Participación del Sector Privado en el Suministro de Agua Potable y Saneamiento. Experiencias Recientes en América Latina, para la que se convocó a más de treinta especialistas, empresarios y directivos provenientes de la mayoría de los países de la región.

Se participó en el *Global Forum on Sustainable Development "Financing and Pricing Water: the Roles of Government Policies, the Private Sector and Civil Society"*.

## Banco Mundial

Se concretó la firma del proyecto *Adaptation to Climate Change Impacts on the Coastal Wetlands in the Gulf of Mexico*.

